

SS521-AG-PRO-010

0910-LP-106-0957

REVISION 6

Manual de Buceo de la Marina de E. U.



Volumen 1	Principios y Políticas del Buceo
Volumen 2	Operaciones de Buceo con Aire
Volumen 3	Operaciones de Buceo con Mezcla de Gases Suministrada desde Superficie
Volumen 4	Operaciones de Buceo con Circuito Semi- Cerrado y Circuito Cerrado
Volumen 5	Medicina del Buceo y Operación de Cámaras de Recompresión

DECLARACION DE DISTRIBUCION: ESTE DOCUMENTO HA SIDO APROBADO PARA SU DISTRIBUCIÓN Y VENTA PUBLICA; ESTA DISTRIBUCIÓN ES ILIMITADA.

SUSTITUYE A SS521-AG-PRO-010, REVISION 5, Fechado el 15 de Agosto de 2005.

PUBLICADO POR DIRECCIÓN DEL COMANDANTE, COMANDO DE SISTEMAS MARINOS NAVALES

15 de ABRIL de 2008

Prefacio

Departamento de la Marina
Comando de Sistemas Marinos Navales
14 de Abril de 2008

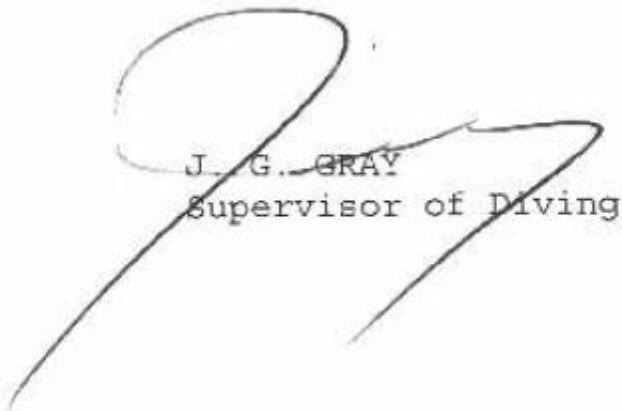
La Revisión Seis del manual de Buceo de la Marina de E.U. representa el mayor cambio a los procedimientos de buceo desde 1956. El manual debe revisarse completamente, pero por favor ponga particular atención a los Capítulos 9, 14, 17, 18, 20 y 21.

Nos gustaría agradecer a la Flota. Recibimos el aporte inteligente y comprensivo de múltiples Comandos que estaban listos a abrazar el cambio. La Flota merece una gran cantidad de crédito. Aquí en NAVSEA, el consejo de mis maestros, MDV Pratschner, MDV Boyd, y MDV Orns, representando más de 75 años de experiencia, fue vital para nuestra transición. Mis compañeros de equipo Don Fegley y John Gillispie, quienes hicieron desaparecer los problemas técnicos, nos mantuvieron en el programa. Mi amigo, Lt Jim Pearson, de la Royal Navy, nos dio la perspectiva necesaria para lograr nuestras metas. La inteligencia pura de mis mentores, Dr. Bob Whaley y el Capt. John Murray, garantizaron el rigor académico.

Lejos de casa, la NEDU y la Escuela de Buceo jugaron los papeles esenciales en la redacción y configuración de esta revisión. Me gustaría agradecer a mis amigos, Capt. Steve Reimers, Capt. Randy Getman y CDR Chris Moore, por su apoyo.

Más que cualquier otro, esta revisión es el triunfo de 40 años de dedicación leal a nuestro país por el Dr. Ed Flynn.

El trabajo sobre la Revisión Siete inició hoy. La Revisión Siete cambiará completamente el formato del Manual de Buceo, eliminando duplicaciones e inconsistencias. Sobre todo, será organizado a fin de que todos los requerimientos sean encontrados en el primer capítulo.



J. G. GRAY
Supervisor of Diving

Prologo

Departamento de la Marina
Comando de Sistemas Marinos Navales
15 de Junio de 2008

Desde los pasados 1950's el Manual de Buceo de la Marina de E.U. sirvió como el estándar internacionalmente reconocido para la exposición permisible mientras se respira aire comprimido a diversas profundidades. Las "Tablas de Aire" del Manual de Buceo de la USN de 1956/1957 también proporcionaron las cédulas de descompresión prescritas para los perfiles de buceo que excedían los límites de exposición permisibles.

Recientemente, tres eventos causaron que la Armada revisara las Tablas de Aire de 1956/1957 y condujo a esta revisión del manual de buceo.

1. Proporciones inaceptables de enfermedad de descompresión experimentadas durante el salvamento del TWA800 en 1996 mientras se utilizaban las "Tablas de Aire" y Tablas Sur "D" O₂ del Manual de Buceo USN de 1956/1957 en rangos de profundidad seleccionados arriba de 100 pies.
2. Prácticas de buceo comercial las cuales migraron lejos de las "Tablas de Aire" del Manual de Buceo USN de 1956/1957 debido a proporciones inaceptables de enfermedad de descompresión en buceos de larga duración/poca profundidad.
3. Más importantemente, la investigación seminal dentro de la medicina hiperbárica conducida por el Dr. Edward D. Thalmann, Capitan, MC, USN (retirado), que desarrolló un algoritmo matemático que modeló el intercambio de gas en los tejidos humanos ofreciendo la promesa de las guías menos riesgosas para el buceo con aire.

En 1998, la Unidad de Buceo experimental de la Armada inició el desarrollo del proceso para remplazar las Tablas de Aire de 1956/1957 y condujo a la selección del Algoritmo de Thalmann como la base de una nueva Tabla de Aire. Eventualmente fue adoptada una variación del Algoritmo de Thalmann como un resultado de prueba empírico y retroalimentación operacional de la Flota.

La Revisión 6 del Manual de Buceo de la Marina de E.U. representa la culminación de la investigación y validación empírica de las tablas de buceo con aire contenidas aquí. Además de Thalmann, los esfuerzos de dos personas perduran por encima de todos los otros en analizar y meticulosamente documentar el producto final para esta más comprensiva revisión del Manual de Buceo de la Marina de E.U. en 15 años. Estos individuos son el Dr. Edward T. Flynn, Capitan, MC, USN (Retirado) de la Oficina del Supervisor de Buceo y Salvamento y el Dr. Wayne A. Gerth, Ph.D. de la Unidad de Buceo Experimental de la Armada. Los futuros buzos de la Armada y civiles hasta ahora no nacidos adeudan a estos hombres una deuda de gratitud por el buceo intrínsecamente más seguro que resultará de su labor incansable e intelecto brillante.



Richard Hooper
Director of Ocean Engineering
Supervisor of Salvage and Diving

SS521-AG-PRO-010

0910-LP-106-0957

REVISION 6

Manual de Buceo de la Marina de E. U.



Volumen 1	Principios y Políticas del Buceo
Volumen 2	Operaciones de Buceo con Aire
Volumen 3	Operaciones de Buceo con Mezcla de Gases Suministrada desde Superficie
Volumen 4	Operaciones de Buceo con Circuito Semi- Cerrado y Circuito Cerrado
Volumen 5	Medicina del Buceo y Operación de Cámaras de Recompresión

**DECLARACION DE DISTRIBUCION: ESTE DOCUMENTO HA SIDO APROBADO PARA SU
DISTRIBUCIÓN Y VENTA PUBLICA; ESTA DISTRIBUCIÓN ES ILIMITADA.**

SUSTITUYE A SS521-AG-PRO-010, REVISION 5, Fechado el 15 de Agosto de 2005.

PUBLICADO POR DIRECCIÓN DEL COMANDANTE, COMANDO DE SISTEMAS MARINOS NAVALES

15 de ABRIL de 2008

VOLUMEN 1

Principios y Políticas del Buceo

1	Historia del Buceo
2	Física Subacuática
3	Fisiología Subacuática y Trastornos del Buceo
4	Sistemas de Buceo
5	Administración del Programa de Buceo
Apéndice 1A	Distancias Seguras para Bucear con Transmisiones de Sonar
Apéndice 1B	Referencias
Apéndice 1C	Números Telefónicos
Apéndice 1D	Lista de Acrónimos



Manual de Buceo de la Marina de E. U.

Volumen 1 – Tabla de Contenido

Cap/Párr	Página
1 HISTORIA DEL BUCEO	
1-1 INTRODUCCION	1-1
1-1.1 Objetivo.....	1-1
1-1.2 Alcance	1-1
1-1.3 Papel de la Marina de los Estados Unidos.....	1-1
1-2 BUCEO CON AIRE SUMINISTRADO DESDE SUPERFICIE	1-1
1-2.1 Tubos de Respiración.....	1-2
1-2.2 Bolsas de Respiración	1-2
1-2.3 Campanas de Buceo	1-3
1-2.4 Diseños de Trajes de Buceo	1-3
1-2.4.1 Traje de Buceo de Lethbridge	1-3
1-2.4.2 Traje de Buceo Patentado Deane	1-3
1-2.4.3 Traje de Buceo Mejorado de Siebe	1-4
1-2.4.4 Salvamento del HMS Royal George.....	1-4
1-2.5 Cajones.....	1-5
1-2.6 Descubrimientos Fisiológicos	1-5
1-2.6.1 Enfermedades de los Cajones (Enfermedad por Descompresión).....	1-5
1-2.6.2 Ventilación Inadecuada	1-6
1-2.6.3 Narcosis Nitrogénica.....	1-6
1-2.7 Trajes de Buceo Acorazados	1-7
1-2.8 Equipo para Buceo en Mar Profundo MK V	1-7
1-3 BUCEO SCUBA	1-8
1-3.1 Scuba con Circuito Abierto	1-8
1-3.1.1 Regulador de Demanda Rouquayrol	1-8
1-3.1.2 Diseño Scuba con Circuito Abierto LePrieur	1-9
1-3.1.3 Aqua-lung de Cousteau y Gagnan	1-9
1-3.1.4 Impacto del Scuba en el Buceo.....	1-9
1-3.2 Scuba con Circuito Cerrado	1-9
1-3.2.1 Scuba con Circuito Cerrado de Fleuss.....	1-9
1-3.2.2 Sistemas Modernos con Circuito Cerrado.....	1-10
1-3.3 Riesgos de Usar Oxígeno en un Scuba	1-10
1-3.4 Scuba con Circuito Semicerrado	1-11
1-3.4.1 Respirador de Mezcla de Gas de Lambertsen.....	1-11
1-3.4.2 UBA MK 6	1-11
1-3.5 Uso del Scuba Durante la 2 ^a Guerra Mundial	1-12
1-3.5.1 Torpedos Guiados por Buzos	1-12

Cap/Párr		Página
1-3.5.2	Nadadores de Combate.....	1-12
1-3.5.3	Demolición Subacuática	1-13
1-4	BUCEO CON MEZCLA DE GASES.....	1-14
1-4.1	Buceo de No-saturación	1-15
1-4.1.1	Buceo con Helio-Oxígeno (H_eO_2)	1-15
1-4.1.2	Buceo con Hidrógeno-Oxígeno	1-16
1-4.1.3	Buceo Moderno con Mezcla de Gases Suministrada desde Superficie	1-17
1-4.1.4	Equipo de Buceo MK 1 MOD 0.....	1-17
1-4.2	Campanas de Buceo	1-18
1-4.3	Buceo de Saturación	1-19
1-4.3.1	Ventajas del Buceo de Saturación.....	1-19
1-4.3.2	Teoría de Saturación de Bond.....	1-19
1-4.3.3	Proyecto Génesis.....	1-19
1-4.3.4	Pruebas de Desarrollo	1-19
1-4.3.5	Programa Sealab	1-20
1-4.4	Sistemas de Buceo Profundo	1-21
1-4.4.1	ADS-IV	1-22
1-4.4.2	MK 1 MOD 0	1-22
1-4.4.3	MK 2 MOD 0	1-22
1-4.4.4	MK 2 MOD 1	1-23
1-5	RESCATE Y SALVAMENTO SUBMARINO	1-23
1-5.1	USS F-4	1-23
1-5.2	USS S-51	1-24
1-5.3	USS S-4	1-24
1-5.4	USS Squalus.....	1-24
1-5.5	USS Thresher	1-25
1-5.6	Proyecto Sistemas de Inmersión Profunda	1-25
1-6	BUCEO DE SALVAMENTO	1-26
1-6.1	La Era de la 2 ^a Guerra Mundial	1-26
1-6.1.1	Pearl Harbor.....	1-26
1-6.1.2	USS Lafayette	1-26
1-6.1.3	Otros Trabajos de Buceo	1-26
1-6.2	La Era Vietnam	1-26
1-7	REGISTROS DE BUCEO PROFUNDO EN MAR ABIERTO.....	1-27
1-8	RESUMEN	1-27
2	FISICA SUBACUATICA	
2-1	INTRODUCCION	2-1

Cap/Párr		Página
2-1.1	Objetivo.....	2-1
2-1.2	Alcance	2-1
2-2	FISICA	2-1
2-3	MATERIA.....	2-1
2-3.1	Elementos.....	2-1
2-3.2	Atomos.....	2-1
2-3.3	Moléculas.....	2-1
2-3.4	Los Tres Estados de la Materia.....	2-1
2-4	MEDIDAS.....	2-2
2-4.1	Sistemas de Medidas	2-2
2-4.2	Medidas de Temperatura	2-2
2-4.2.1	Escala Kelvin	2-3
2-4.2.2	Escala Rankine.....	2-3
2-4.3	Medidas de Gas.....	2-3
2-5	ENERGIA.....	2-3
2-5.1	Conservación de la Energía	2-3
2-5.2	Clasificaciones de Energía	2-3
2-6	ENERGIA LUMINOSA EN EL BUCEO.....	2-3
2-6.1	Refracción.....	2-4
2-6.2	Turbidez en el Agua	2-5
2-6.3	Difusión.....	2-5
2-6.4	Visibilidad de los Colores	2-5
2-7	ENERGIA MECANICA EN EL BUCEO.....	2-6
2-7.1	Sonido y Temperatura del Agua.....	2-6
2-7.2	Sonido y Profundidad del Agua	2-6
2-7.2.1	Trabajo del Buzo y el Sonido.....	2-6
2-7.2.2	Ondas de Presión	2-6
2-7.3	Explosiones Subacuáticas.....	2-7
2-7.3.1	Tipos de Explosivos y Tamaño de las Cargas	2-7
2-7.3.2	Características del Lecho Marino	2-7
2-7.3.3	Localización de la Carga Explosiva.....	2-7
2-7.3.4	Profundidad del Agua	2-7
2-7.3.5	Distancia de la Explosión	2-8
2-7.3.6	Grado de Inmersión del Buzo	2-8
2-7.3.7	Estimando la Presión de Explosión en un Buzo.....	2-8
2-7.3.8	Minimizando los Efectos de una Explosión	2-8
2-8	ENERGIA CALORICA EN EL BUCEO	2-9

Cap/Párr		Página
2-8.1	Conducción, Convección y Radiación	2-9
2-8.2	Proporción de Transferencia de Calor.....	2-9
2-8.3	Temperatura Corporal del Buzo	2-10
2-9	PRESION EN EL BUCEO	2-10
2-9.1	Presión Atmosférica.....	2-10
2-9.2	Términos Usados para Describir la Presión del Gas.....	2-11
2-9.3	Presión Hidrostática.....	2-11
2-9.4	Flotabilidad.....	2-11
2-9.4.1	Principio de Arquímedes.....	2-11
2-9.4.2	Flotabilidad del Buzo.....	2-12
2-10	GASES EN EL BUCEO	2-12
2-10.1	Aire Atmosférico.....	2-12
2-10.2	Oxígeno	2-12
2-10.3	Nitrógeno	2-13
2-10.4	Helio.....	2-13
2-10.5	Hidrógeno	2-13
2-10.6	Neón	2-13
2-10.7	Bióxido de Carbono	2-13
2-10.8	Monóxido de Carbono	2-14
2-10.9	Teoría Cinética de los gases	2-14
2-11	LEYES DE LOS GASES	2-14
2-11.1	Ley de Boyle	2-15
2-11.2	Ley de Carles/Gay-Lussac	2-16
2-11.3	Ley General de los Gases	2-18
2-12	MEZCLAS DE GASES	2-21
2-12.1	Ley de Dalton.....	2-21
2-12.1.1	Expresando Pequeñas Cantidades de Presión.....	2-23
2-12.1.2	Calculando el Valor Equivalente en Superficie.....	2-23
2-12.2	Difusión de Gas	2-23
2-12.3	Humedad	2-24
2-12.4	Gases en los Líquidos	2-24
2-12.5	Solubilidad	2-24
2-12.6	Ley de Henry.....	2-24
2-12.6.1	Tensión del Gas.....	2-25
2-12.6.2	Absorción del Gas.....	2-25
2-12.6.3	Solubilidad del Gas	2-25

Cap/Párr		Página
3	FISIOLOGIA SUBACUATICA Y TRASTORNOS DEL BUCEO	
3-1	INTRODUCCION	3-1
3-1.1	Objetivo.....	3-1
3-1.2	Alcance	3-1
3-1.3	Generalidades	3-1
3-2	EL SISTEMA NERVIOSO	3-1
3-3	EL SISTEMA CIRCULATORIO.....	3-1
3-3.1	Anatomía	3-1
3-3.1.1	El Corazón	3-2
3-3.1.2	Los Circuitos Sistémico y Pulmonar	3-2
3-3.2	Función Circulatoria.....	3-3
3-3.3	Componentes de la Sangre.....	3-4
3-4	EL SISTEMA RESPIRATORIO	3-4
3-4.1	Intercambio de Gas	3-4
3-4.2	Fases de la Respiración	3-5
3-4.3	Tracto Respiratorio Superior e Inferior	3-5
3-4.4	El Aparato Respiratorio	3-5
3-4.4.1	La Cavidad Torácica.....	3-5
3-4.4.2	Los Pulmones	3-6
3-4.5	Definiciones de Ventilación del Tracto Respiratorio.....	3-7
3-4.5.1	Ciclo Respiratorio	3-7
3-4.5.2	Frecuencia Respiratoria	3-7
3-4.5.3	Capacidad Pulmonar Total	3-7
3-4.5.4	Capacidad Vital.....	3-7
3-4.5.5	Volumen Tidal.....	3-8
3-4.5.6	Volumen Respiratorio por Minuto	3-8
3-4.5.7	Capacidad Respiratoria Máxima y Volumen Respiratorio Máximo	3-8
3-4.5.8	Proporción de Flujo Inspiratorio Máximo y Proporción de Flujo Expiratorio Máximo.....	3-8
3-4.5.9	Cociente Respiratorio	3-8
3-4.5.10	Espacio Respiratorio Muerto	3-8
3-4.6	Intercambio Gaseoso Alvéolo/Capilar	3-8
3-4.7	Control de la Respiración	3-9
3-4.8	Consumo de Oxígeno.....	3-9
3-5	PROBLEMAS RESPIRATORIOS EN EL BUCEO	3-10
3-5.1	Deficiencia de Oxígeno (Hipoxia)	3-10
3-5.1.1	Causas de la Hipoxia.....	3-10
3-5.1.2	Síntomas de la Hipoxia.....	3-12
3-5.1.3	Tratamiento de la Hipoxia.....	3-13
3-5.1.4	Prevención de al Hipoxia.....	3-13

Cap/Párr		Página
3-5.2	Toxicidad pro Bióxido de Carbono (Hipercapnia).....	3-13
3-5.2.1	Causas de Hipercapnia	3-13
3-5.2.2	Síntomas de Hipercapnia	3-14
3-5.2.3	Tratamiento de la Hipercapnia.....	3-15
3-5.3	Asfixia	3-15
3-5.4	Resistencia Respiratoria y Disnea.....	3-15
3-5.4.1	Causas de la Resistencia Respiratoria.....	3-15
3-5.4.2	Prevención de la Disnea	3-16
3-5.5	Envenenamiento por Monóxido de Carbono	3-16
3-5.5.1	Síntomas de Envenenamiento por Monóxido de Carbono.....	3-17
3-5.5.2	Tratamiento del Envenenamiento por Monóxido de Carbono	3-17
3-5.5.3	Prevención del Envenenamiento por Monóxido de Carbono	3-17
3-6	INCONSCIENCIA Y CONTENCION DE LA RESPIRACION.....	3-17
3-6.1	Restricciones del Buceo de Apnea.....	3-17
3-6.2	Riesgos del Buceo de Apnea	3-17
3-7	HIPERVENTILACION.....	3-18
3-7.1	Hiperventilación Involuntaria.....	3-18
3-7.2	Hiperventilación Voluntaria	3-18
3-8	EFFECTOS DEL BAROTRAUMA Y PRESION EN EL CUERPO HUMANO.....	3-18
3-8.1	Condiciones que Conducen al Barotrauma	3-19
3-8.2	Síntomas Generales de Barotrauma	3-19
3-8.3	Squeeze de Oído Medio	3-19
3-8.3.1	Previniendo el Squeeze de Oído Medio	3-20
3-8.3.2	Tratando el Squeeze de Oído Medio.....	3-21
3-8.4	Squeeze de Senos Paranasales	3-21
3-8.4.1	Causas del Squeeze de Senos Paranasales	3-21
3-8.4.2	Previniendo el Squeeze de Senos Paranasales	3-22
3-8.5	Squeeze de Dientes (Barodontalgia).....	3-22
3-8.6	Squeeze de Oído Externo	3-22
3-8.7	Squeeze Torácico (Pulmones)	3-22
3-8.8	Squeeze de Cara o de Cuerpo	3-23
3-8.9	Sobrepresión de Oído Medio (Squeeze Inverso de Oído Medio)	3-23
3-8.10	Sobrepresión de Senos (Squeeze Inverso de Senos)	3-23
3-8.11	Sobreeexpansión del Estómago e Intestinos	3-23
3-8.12	Disfunción del Oído Interno	3-23
3-8.12.1	Vértigo.....	3-24
3-8.12.2	Barotrauma de Oído Interno	3-24

Cap/Párr		Página
3-9	SINDROMES DE SOBREINFLACION PULMONAR	3-25
3-9.1	Embolismo Gaseoso Arterial	3-26
3-9.2	Enfisema Mediastinal y Subcutánea	3-27
3-9.3	Neumotórax	3-27
3-10	EFFECTOS INDIRECTOS DE LA PRESION.....	3-28
3-10.1	Narcosis Nitrogénica	3-29
3-10.1.1	Síntomas de Narcosis.....	3-29
3-10.1.2	Susceptibilidad a la Narcosis.....	3-30
3-10.2	Toxicidad por Oxígeno	3-31
3-10.2.1	Toxicidad Pulmonar por Oxígeno	3-31
3-10.2.2	Toxicidad por Oxígeno del Sistema Nervioso Central (SNC).....	3-32
3-10.2.3	Convulsiones	3-33
3-10.3	Absorción de Gases Inertes	3-34
3-10.4	Saturación de los Tejidos	3-34
3-10.4.1	Proceso de Saturación de Nitrógeno.....	3-35
3-10.4.2	Otros Gases Inertes.....	3-36
3-10.5	Desaturación de los Tejidos	3-37
3-10.5.1	Diferencias de Saturación/Desaturación	3-37
3-10.5.2	Formación de Burbujas	3-38
3-10.6	Enfermedad de Descompresión	3-38
3-10.6.1	Efectos Directos de las Burbujas.....	3-38
3-10.6.2	Efectos Indirectos de las Burbujas	3-39
3-10.6.3	Síntomas de Enfermedad de Descompresión.....	3-39
3-10.6.4	Tratando la Enfermedades de Descompresión	3-39
3-10.6.5	Previniendo la Enfermedad de Descompresión	3-40
3-10.7	Síndrome Nervioso de Alta Presión (HPNS).....	3-40
3-10.8	Dolores por Compresión.....	3-40
3-11	PELIGROS FISIOLOGICOS POR MUNICIONES	3-41
3-12	PROBLEMAS TERMICOS Y OTROS PROBLEMAS FISIOLOGICOS EN EL BUCEO.....	3-42
3-12.1	Regulando la Temperatura Corporal	3-42
3-12.2	Pérdida Excesiva de Calor (Hipotermia)	3-42
3-12.2.1	Regulación de la Temperatura Interna	3-43
3-12.2.2	Efectos del Ejercicio en la Hipotermia	3-43
3-12.2.3	Síntomas de Hipotermia	3-44
3-12.3	Calor Excesivo (Hipertermia).....	3-44
3-12.3.1	Factores del Estrés Calórico	3-45
3-12.3.2	Aclimatación	3-45
3-12.3.3	Síntomas de Hipertermia	3-45
3-12.3.4	Impacto del Tiempo de Buceo en la Hipertermia	3-46
3-12.3.5	Previniendo la Hipertermia	3-46
3-12.4	Deshidratación.....	3-46

Cap/Párr		Página
3-12.4.1	Causas de la Deshidratación	3-46
3-12.4.2	Previniendo la Deshidratación	3-47
3-12.5	Hipoglicemia	3-47
3-12.5.1	Síntomas de Hipoglicemia	3-47
3-12.5.2	Causas de Hipoglicemia	3-47
3-12.5.3	Previniendo la Hipoglicemia	3-47
4	SISTEMAS DE BUCEO	
4-1	INTRODUCCION	4-1
4-1.1	Objetivo	4-1
4-1.2	Alcance	4-1
4-2	INFORMACION GENERAL	4-1
4-2.1	Prioridad de Documentos	4-1
4-2.2	Equipo Autorizado para su Uso por la Marina (ANU)	4-1
4-2.3	Autoridad para Certificación de Sistemas (SCA)	4-1
4-2.4	Sistemas de Mantenimiento Planeado	4-2
4-2.5	Alteración de Equipos de Buceo	4-2
4-2.5.1	Directores de Programa Técnico para Sistemas con Base en Tierra	4-2
4-2.5.2	Directores de Programa Técnico para Otros Aparatos de Buceo	4-2
4-2.6	Procedimientos de Operación y de Emergencia	4-2
4-2.6.1	OP/EP Estandarizados	4-2
4-2.6.2	OP/EP No Estandarizados	4-2
4-2.6.3	Procesos de Aprobación de OP/EP	4-3
4-2.6.4	Formato	4-3
4-2.6.5	Ejemplo	4-3
4-3	ESTANDARES DE PUREZA DE LOS GASES DE RESPIRACION DEL BUZO	4-4
4-3.1	Aire de Respiración del Buzo	4-4
4-3.2	Oxígeno de Respiración del Buzo	4-5
4-3.3	Helio de Respiración del Buzo	4-5
4-3.4	Nitrógeno de Respiración del Buzo	4-5
4-4	PROGRAMA DE MUESTREO DEL AIRE DE LOS BUZOS	4-5
4-4.1	Requerimientos de Mantenimiento	4-5
4-4.2	Procedimiento General de Muestreo de Aire	4-7
4-4.3	Servicios de Muestreo de Aire CSS	4-8
4-4.4	Servicios Locales de Muestreo de Aire	4-9
4-5	COMPRESORES DE AIRE	4-9
4-5.1	Requerimientos de Equipo	4-9
4-5.2	Sistemas de Filtración de Aire	4-9

Cap/Párr		Página
4-5.3	Lubricación	4-9
4-6	INDICADORES DE BUCEO.....	4-10
4-6.1	Selección de Indicadores para el Sistema de Buceo.....	4-10
4-6.2	Mantenimiento y Calibración de los Indicadores.....	4-11
4-6.3	Indicadores con Tubo Bourdon Helicoidal.....	4-11
4-7	MANEJO Y ALMACENAJE DE GAS COMPRIMIDO	4-12
 5 ADMINISTRACION DEL PROGRAMA DE BUCEO		
5-1	INTRODUCCION	5-1
5-1.1	Objetivo.....	5-1
5-1.2	Alcance	5-1
5-2	OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO DE REGISTROS Y SISTEMA DE REPORTES.....	5-1
5-3	DOCUMENTOS DE REGISTRO Y REPORTES.....	5-1
5-4	BITACORA DE BUCEO DE COMANDO	5-2
5-5	BITACORA DE CAMARA DE RECOMPRESION	5-2
5-6	BITACORA DE BUCEO PERSONAL DEL BUZO	5-9
5-7	REPORTE DE ACCIDENTE/INCIDENTE DE BUCEO	5-9
5-8	REPORTE DE FALLA O DEFICIENCIA DE EQUIPO.....	5-9
5-9	SISTEMA DE REPORTE DE BUCEO DE LA MARINA DE E. U. (DRS)	5-10
5-10	REQUERIMIENTOS DE INVESTIGACION DE ACCIDENTE/INCIDENTE DE EQUIPO	5-10
5-11	CRITERIO DE REPORTE	5-11
5-12	ACCIONES REQUERIDAS	5-11
5-12.1	Reporte de Deficiencia/Evaluación de Manual Técnico	5-12
5-12.2	Envío de Equipo	5-12
 1A DISTANCIAS SEGURAS PARA BUCEAR CON TRANSMISIONES DE SONAR		
1A-1	INTRODUCCION	1A-1
1A-2	ANTECEDENTES.....	1A-1
1A-3	ACCION	1A-1
1A-4	HOJAS DE DISTANCIA PARA BUCEOS CON SONAR CON DIRECCIONES PARA SU USO	1A-2

Cap/Párr		Página
1A-4.1	Información e Introducción General	1A-2
1A-4.1.1	Efectos de Exposición	1A-2
1A-4.1.2	Características del Traje y Capucha.....	1A-2
1A-4.1.3	Audición en el Agua contra Audición en el Gas	1A-2
1A-4.2	Direcciones para Completar la Hoja de Trabajo para Buceo a Distancia del Sonar	1A-2
1A-5	GUIA PARA EXPOSICION DE BUZOS A SONARES DE BAJA FRECUENCIA (160-320 Hz).....	1A-15
1A-6	GUIA PARA EXPOSICION DE BUZOS A SONARES ULTRASONICOS (250 KHz. Y MAYORES.....	1A-15

1B REFERENCIAS

1C NUMEROS TELEFONICOS

1D LISTA DE ACRÓNIMOS

Volumen 1 – Lista de Ilustraciones

Figura	Página
1-1 Primeros Dispositivos de Respiración Imprácticos	1-2
1-2 Friso Asirio (900 a. C.)	1-2
1-3 Grabado de la Campana de Buceo de Halley	1-4
1-4 Traje de Buceo de Lethbridge.....	1-4
1-5 Primer Casco y Traje de Buceo de Siebe.....	1-4
1-6 Cámara Francesa (Caisson).....	1-5
1-7 Traje de Buceo Blindado.....	1-7
1-8 MK 12 y MK V	1-8
1-9 Aparato de Fleuss	1-10
1-10 Aparato Original de Escape Sumergido Davis	1-12
1-11 Unidad Respiratoria Anfibia Lambertsen (LARU).....	1-13
1-12 Respirador de Oxígeno Emerson-Lambertsen	1-13
1-13 UBA Dräeger LAR V	1-14
1-14 Manifold de Buceo con Helio-Oxígeno	1-15
1-15 Casco MK V MOD 1.....	1-16
1-16 Equipo de Buceo MK 1 MOD 0	1-18
1-17 Sealab II	1-21
1-18 SDS-450, Primer DDS de la Marina de E. U	1-21
1-19 Cápsula de Transferencia de Personal del DDS MK 1.....	1-22
1-20 Sistema de Maneja de la PTC, Elk River.....	1-22
1-21 Recuperación del Squalus	1-25
2-1 Moléculas	2-2
2-2 Los Tres Estados de la Materia	2-2
2-3 Escalas de Temperatura	2-3
2-4 Las Seis Formas de Energía	2-4
2-5 Los Objetos Bajo el Agua Aparecen más Cerca	2-5
2-6 Energía Cinética.....	2-15
2-7 Gráfica de Profundidad, Presión y Atmósferas.....	2-32
3-1 Componentes del Corazón y Flujo Sanguíneo	3-2
3-2 Respiración y Circulación Sanguínea	3-3
3-3 Proceso de Inspiración	3-6
3-4 Pulmones Vistos desde un Aspecto Médico.....	3-6
3-5 Volúmenes Pulmonares	3-7

Figura		Página
3-6	Consumo de Oxígeno y Volumen Respiratorio por Minuto (RVM) a Diferentes Niveles de Trabajo	3-11
3-7	Anatomía General del Oído en Sección Frontal	3-19
3-8	Localización de los Senos en el Cráneo Humano	3-21
3-9	Unión de los Componentes del Oído Interno.....	3-25
3-10	Consecuencias de la Sobreinflación Pulmonar	3-26
3-11	Embolismo Gaseoso Arterial.....	3-27
3-12	Enfisema Mediastinal	3-28
3-13	Enfisema Subcutáneo	3-29
3-14	Neumotórax.....	3-30
3-15	Neumotórax a Tensión	3-31
3-16	Narcosis Nitrogénica	3-32
3-17	Saturación de los Tejidos.....	3-35
3-18	Desaturación de los Tejidos.....	3-37
5-1a	Bitácora de Buceo de la Marina de E. U. (hoja 1 de 2).....	5-3
5-1b	Bitácora de Buceo de la Marina de E. U. (hoja 2 de 2).....	5-4
5-2a	Hoja de Información de Accidente/Incidente de Equipo	5-5
5-2b	Hoja de Información de Accidente/Incidente de Equipo	5-6
5-3	Reporte de Análisis de Falla (Forma NAVSEA 10560/4)	5-7
5-4	Reporte de Análisis de Falla (Forma NAVSEA 10560/1)	5-8
1A-1	Hoja de Trabajo para Distancia Segura de Buceo y Tiempos de Exposición Respecto de un Sonar	1A-4
1A-2	Hoja de Trabajo para Distancia Segura de Buceo y Tiempos de Exposición Respecto de un Sonar (Ejemplo Terminado)	1A-7
1A-3	Hoja de Trabajo para Distancia Segura de Buceo y Tiempos de Exposición Respecto de un Sonar (Ejemplo Terminado)	1A-8
1A-4	Hoja de Trabajo para Distancia Segura de Buceo y Tiempos de Exposición Respecto de un Sonar (Ejemplo Terminado)	1A-9
1A-5	Hoja de Trabajo para Distancia Segura de Buceo y Tiempos de Exposición Respecto de un Sonar (Ejemplo Terminado)	1A-10

Volumen 1 – Lista de Tablas

Tabla	Página
2-1 Tabla de Presión	2-11
2-2 Componentes del Aire Atmosférico Seco	2-13
2-3 Presión Parcial a 1 ata	2-22
2-4 Presión Parcial a 137 ata	2-22
2-5 Símbolos y Significados	2-26
2-6 Flotabilidad (en Libras)	2-27
2-7 Fórmulas para Area	2-27
2-8 Fórmulas para Volúmenes	2-27
2-9 Fórmulas para Presiones Parciales/Equivalentes de Aire en la Profundidad	2-27
2-10 Equivalencias de Presión.....	2-28
2-11 Equivalencias de Volumen y Capacidad	2-28
2-12 Equivalencias de Longitud	2-29
2-13 Equivalencias de Area	2-29
2-14 Equivalencias de Velocidad.....	2-29
2-15 Equivalencias de masa	2-30
2-16 Equivalencias de Trabajo y Energía	2-30
2-17 Equivalencias de Fuerza.....	2-30
2-18 Equivalencias de Temperatura	2-31
3-1 Signos y Síntomas de la Caída de la Temperatura Central	3-44
3-2 Signos de Estrés Calórico.....	3-46
4-1 Requerimientos de Pureza de Aire Comprimido de Respiración para Buzos Militares de E. U. para Fuentes Certificadas o Aprobadas ANU	4-4
4-2 Requerimientos de Pureza de Aire Comprimido de Respiración para Buzos si proviene de una Fuente Comercial	4-4
4-3 Requerimientos de Pureza de Oxígeno Comprimido de Respiración para Buzos.....	4-6
4-4 Requerimientos de Pureza de Helio Comprimido de Respiración para Buzos	4-7
4-5 Requerimientos de Pureza de Nitrógeno Comprimido de Respiración para Buzos.....	4-7
1A-1 Selección de Tabla LEP.....	1A-3
1A-2 Tabla de Reducción de Profundidad.....	1A-5
1A-3 Traje Húmedo Sin Capucha.....	1A-11
1A-4 Traje Húmedo Con Capucha	1A-12
1A-5 Casco	1A-13
1A-6 Límites de Exposiciones Permisibles (LEP) Dentro de un Período de 24 horas para Exposiciones a Sonares AN/SQQ-14, -30, -32.....	1A-14

Página en blanco intencionalmente

CAPITULO 1

Historia del Buceo

1-1 INTRODUCCION

- 1-1.1** **Objetivo.** Este capítulo proporciona una historia general del desarrollo de las operaciones militares de buceo.
- 1-1.2** **Alcance.** Este capítulo subraya el arduo trabajo y la dedicación de un número de individuos quienes fueron pioneros en el desarrollo de la tecnología del buceo. Como con cualquier expedicionario, es importante reconocer los descubrimientos de nuestros predecesores y no repetir los errores del pasado.
- 1-1.3** **Papel de la Marina de los Estados Unidos.** La Marina de los Estados Unidos es un líder en el desarrollo del buceo moderno y de las operaciones subacuáticas. Los requerimientos generales de la defensa nacional y los requerimientos específicos del reconocimiento subacuático, demolición, colocación, remoción, construcción, mantenimiento de embarcaciones, investigación, rescate y operaciones de salvamento repetidamente dan ímpetu al entrenamiento y desarrollo. El buceo en la Marina ya no está limitado a las operaciones tácticas de combate, salvamentos en tiempos de guerra y hundimientos submarinos. La flota de buceo ha tenido un importante incremento y diversificación desde la 2^a Guerra Mundial. La mayor parte de las operaciones de buceo es de inspecciones y reparaciones navales para minimizar el tiempo de espera y la necesidad de usar diques secos. Otros aspectos de la flota de buceo incluyen prácticas de búsqueda y recuperación de torpedos, instalación y reparación de conjuntos electrónicos subacuáticos, construcciones subacuáticas, y localización y recuperación de aeronaves caídas.

1-2 BUCEO CON AIRE SUMINISTRADO DESDE SUPERFICIE

Los orígenes del buceo están firmemente enraizados en las necesidades y deseos del hombre por emplear el comercio submarino, conducir operaciones de salvamento o militares y expandir las fronteras del conocimiento a través de exploración, investigación y desarrollo.

El buceo como profesión puede rastrearse hacia atrás a más de 5000 años. Estos primeros buzos confinaron sus esfuerzos hacia aguas a menos de 100 pies de profundidad, ejecutando trabajos de salvamento y recolectando una variedad de productos que incluyen alimentos, esponjas, coral y madre perlas. Un historiador Griego, Herodoto, guardó la historia de un buzo llamado Scyllis, quien fue empleado por el Rey Persa Xerxes para recuperar un tesoro hundido en el siglo V a. C.

Desde tiempos remotos, los buzos estuvieron activos en operaciones militares. Sus misiones incluían el corte de cables de anclas para dejar las naves enemigas a la deriva, dañar o agujerar el fondo de los barcos y la construcción de defensas portuarias en casa mientras trataban de destruir las del enemigo en su territorio. Alejandro Magno envió buzos para remover obstáculos en el puerto de la ciudad de Tiro, en lo que ahora es Líbano, la cual tomó bajo asedio en el año 332 a. C.

Otros buzos primitivos desarrollaron una activa industria de salvamento, centrada alrededor de los mayores puertos del oriente mediterráneo. Por el siglo I a. C., las operaciones en un área estaban tan bien organizadas que la tarifa de pago por trabajos de salvamento fue establecida por la ley, reconociendo el factor de esfuerzo y riesgo incrementado con la profundidad. A 24 pies de agua los buzos podían reclamar la mitad de todos los bienes recuperados. A 12 pies de agua ellos concedían un tercio y a 3 pies solo una décima parte.

1-2.1

Tubos de Respiración. La etapa más obvia y necesaria en la ampliación de las capacidades de un buzo fue el proporcionar un suministro de aire que le permitiera permanecer bajo el agua. Los primeros medios usados fueron carretones huecos o tubos que se extendían a la superficie. Quien lo usaba podía permanecer sumergido por un extenso período de tiempo, pero efectuaba poco trabajo útil. Los tubos de respiración fueron empleados principalmente como una táctica en operaciones militares, permitiéndoles alcanzar los fuertes enemigos sin ser detectados (Figura 1-1).

A primera vista podría parecer lógico que la única cosa necesaria para extensiones adicionales en el alcance del buzo sería un tubo más largo. En efecto, un número de diseños primitivos fueron creados usando capuchas de piel con largos tubos flexibles soportados en superficie por flotadores. No hay registros de que cualesquiera de estos implementos fueran construidos o probados bajo las condiciones actuales. El resultado bien podría haber sido el ahogamiento del usuario. A la poca profundidad de 3 pies es esencialmente imposible respirar a través de un tubo usando solamente la capacidad respiratoria natural del cuerpo, ya que el peso del agua ejerce una fuerza total de casi 200 lbs. sobre el tórax del buzo. Esta fuerza se incrementa constantemente con la profundidad y es uno de los factores más importantes en el buceo. Cualquier operación de buceo exitosa requiere que la presión sea vencida o eliminada. Desde el principio de la historia, fueron diseñados aparatos imaginativos para alcanzar esto, muchos por algunas de las grandes mentes de ese tiempo. En principio, el problema de la presión bajo el agua no fue totalmente entendido y los diseños no fueron prácticos.

1-2.2

Bolsas de Respiración. Una serie completa de diseños fue basada en la idea de una bolsa de respiración llevada por el buzo. Este concepto puede ser muy antiguo dado que un friso Asirio del siglo IX a. C. muestra lo que parece ser buzos usando pieles de animales infladas como tanques de aire. Sin embargo, estos hombres fueron probablemente nadadores usando pieles para flotación. Sería imposible sumergirse mientras se retiene tal accesorio (Figura 1-2).

Un sistema de buceo práctico puede haber hecho una breve aparición a finales de la edad media. En 1240, Roger Bacon hizo referencia a "instrumentos con los cuales el hombre



Figura 1-1. Primeros Dispositivos de Respiración Imprácticos. Este diseño de 1511 muestra la cabeza del buzo cubierta por una bolsa de piel con un tubo de respiración extendido hasta la superficie.



Figura 1-2. Friso Asirio (900 a. C.)

puede caminar en el fondo del mar o río sin peligro para sí mismo”.

1-2.3

Campanas de Buceo. Entre 1500 y 1800 fue desarrollada y puesta en uso la campana de buceo, haciendo posible la permanencia de los buzos bajo el agua por horas más que minutos. Esta tiene forma de campana con el fondo abierto al mar.

Las primeras campanas de buceo fueron grandes, fuertes y pesadas para sumergirse en una posición vertical, atrapando suficiente aire para permitir a un buzo respirar por varias horas. Las campanas de buceo posteriores fueron suspendidas por un cable desde la superficie. No tenían maniobrabilidad significante bajo el agua más allá de la proporcionada por el movimiento del barco de soporte. El buzo podría permanecer en la campana si está se posicionaba directamente sobre su trabajo, o podría aventurarse fuera por cortos períodos de tiempo conteniendo su respiración.

La primera referencia a una campana de buceo práctica y real fue hecha en 1531. Por varios cientos de años desde entonces, rudimentarias pero efectivas campanas fueron usadas con regularidad. En los años 1680s, un aventurero nacido en Massachusetts llamado Williams Phipps modificó la técnica del buceo con campana alimentando a sus buzos con aire desde una serie de pesados cubos invertidos mientras ellos trataron de recuperar un tesoro valuado en \$ 200,000 dólares.

En 1690, el astrónomo inglés Edmund Halley desarrolló una campana de buceo en la cual la atmósfera era reabastecida enviando pesados barriles con aire desde la superficie (Figura 1-3). En una de las primeras demostraciones de su sistema, él y cuatro acompañantes permanecieron a 60 fsw en el río Thames por casi 1.5 horas. Cerca de 26 años después, usando una versión mejorada de su campana, Halley estuvo más de 4 horas a una profundidad de 66 fsw.

1-2.4

Diseños de Trajes de Buceo. Con un número creciente de naufragios civiles y militares obstruyendo las costas de la Gran Bretaña cada año, hubo un fuerte incentivo para desarrollar un traje de buceo que pudiera incrementar la eficiencia de las operaciones de salvamento.

1-2.4.1

Traje de Buceo de Lethbridge. En 1715, el inglés John Lethbridge, desarrolló un traje de buceo completamente cerrado para un hombre (Figura 1-4). El equipo de Lethbridge fue esencialmente un barril de aire reforzado y cubierto de piel, equipado con una mirilla de cristal para observación y dos orificios para los brazos con apretadas mangas. Utilizando este equipo, el ocupante podría ejecutar trabajo útil. Este aparato fue bajado desde un barco y maniobrado de la misma manera que una campana de buceo.

Lethbridge fue bastante exitoso con su invento y participó en el salvamento de un número de naufragios europeos. En una carta al editor de una popular revista en 1749, el inventor anotó que su profundidad de operación normal fue de 10 brazas (60 pies), con alrededor de 12 brazas como máximo, y que él podría permanecer bajo el agua por 34 minutos.

Varios diseños parecidos al de Lethbridge fueron usados en años subsecuentes. Sin embargo, todos ellos sufrieron de las mismas limitaciones básicas de la campana de buceo - el buzo tenía poca libertad porque no había modo práctico para alimentarlo frecuentemente con aire. Un verdadero adelanto tecnológico ocurrió en torno al siglo XIX con el desarrollo de una bomba operada a mano capaz de entregar aire bajo presión.

1-2.4.2

Traje de Buceo Patentado Deane. Varios hombres produjeron un aparato exitoso al mismo tiempo. En 1823, dos operadores de salvamento, John y Charles Deane, patentaron el diseño básico para un aparato de humo (equipo de penetración) que permitió a los bomberos moverse en edificios incendiados. Por 1828, el aparato evolucionó al traje de buceo patentado por Deane, consistiendo de un pesado traje para protección del frío, una escafandra con mirillas y conexiones para mangas para donde suministrar aire desde superficie. La

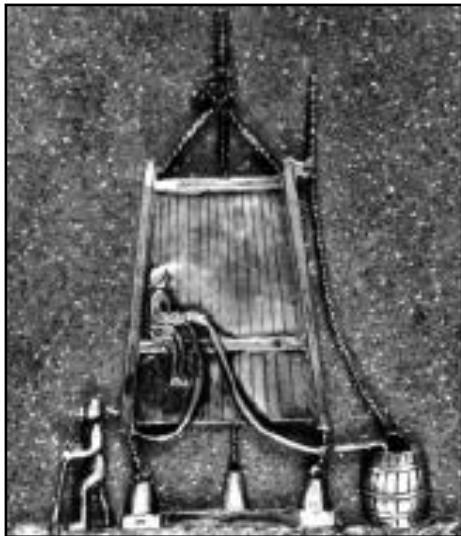


Figura 1-3. Grabado de la Campana de Buceo de Halley.

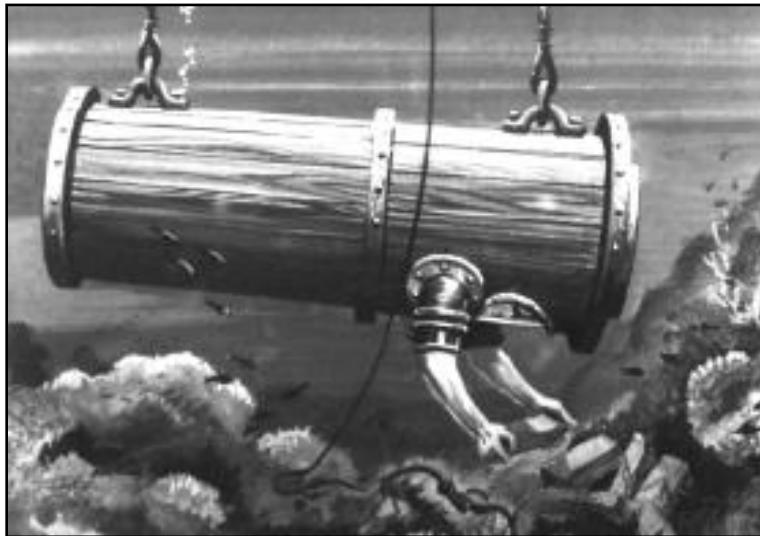


Figura 1-4. Traje de Buceo de Lethbridge.

escafandra descansaba sobre los hombros del buzo, manteniéndose en su lugar por su propio peso y por correas a un cinturón. El aire exhalado o sobrante salía por debajo del borde del casco y no planteaba problemas en tanto el buzo permaneciera en posición vertical. Sin embargo, si él tropezaba y caía, el casco podría rápidamente llenarse con agua. En 1836, se imprimió el manual de buceo de Deane, tal vez el primero producido.

1-2.4.3

Traje de Buceo Mejorado de Siebe. El crédito por el desarrollo del primer traje de buceo práctico ha sido dado a Augustus Siebe. La contribución inicial al buceo de Augustus Siebe fue una modificación del equipo de Deane. Siebe selló la escafandra al cuello de un traje impermeable corto de talle grande, y añadiendo una válvula de escape al sistema (Figura 1-5). Conocido como traje de buceo mejorado de Siebe, este aparato es el antecesor directo del traje de buceo profundo estándar MK V.

1-2.4.4

Salvamento del HMS Royal George. Por 1840, se usaron varios tipos de trajes de buceo en operaciones de buceo reales. En ese tiempo, una unidad de los Ingenieros Reales Británicos fue utilizada para rescatar los restos del barco de guerra hundido HMS Royal George. El barco de guerra chocó con un barco mayor anclado fuera de Portsmouth, Inglaterra. El Coronel William Pasley, Oficial a cargo, decidió que esa era una oportunidad ideal para probar y evaluar formalmente los diversos tipos de aparatos. Desconfió del aparato de Deane por la posibilidad de inundación en la escafandra y formalmente recomendó que el traje de Siebe fuera adoptado para operaciones futuras.

Cuando el proyecto del Coronel Pasley había sido terminado, un historiador oficial del gobierno anotó que “de los buzos temporales, ningún hombre escapó a repetidos ataques de reumatismo y gripe”. Los buzos habían estado trabajando por 6 ó 7 horas al día, muchas de



Figura 1-5. Primer Casco y Traje de Buceo de Siebe.

estas a profundidades de 60 a 70 pies. El Coronel Pasley y sus hombres no se imaginaron las implicaciones de esta observación. Lo que pareció ser reumatismo fue en su lugar un síntoma de un lejano y más serio problema fisiológico que, dentro de pocos años, vino a ser de gran importancia para la profesión del buceo.

1-2.5

Cajones. Al mismo tiempo que el traje de buceo práctico estaba siendo perfeccionado, los inventores estaban trabajando para mejorar la campana de buceo incrementando su tamaño y añadiendo bombas de aire de gran capacidad que podrían entregar suficiente presión para mantener el agua completamente fuera del interior de la campana. Las bombas mejoradas pronto condujeron a la construcción de cámaras bastante grandes para permitir que varios hombres trabajaran en seco en el fondo. Esto fue particularmente ventajoso en proyectos tales como excavaciones de bases para puentes o la construcción de secciones de túneles en donde fueron requeridos largos períodos de trabajo. Estas cámaras secas llegaron a conocerse como “Caissons”, una palabra francesa que significa literalmente “cajas grandes o cajones” (Figura 1-6).

Las caissons fueron diseñadas para proporcionar un rápido acceso desde la superficie. Con el uso de una esclusa de aire, la presión interior podría ser mantenida mientras hombres y materiales podrían entrar o salir. Los cajones fueron una de las principales etapas en el progreso de la tecnología de fabricación y su uso creció rápidamente.

1-2.6

Descubrimientos Fisiológicos.

1-2.6.1

Enfermedad de los Cajones (Enfermedad por Descompresión). Con la expansión del uso de los cajones, una aparentemente nueva e inexplicable enfermedad empezó a afectar a los trabajadores de los cajones. Al completar un turno y retornar a la superficie, los buzos frecuentemente serían atacados por desvanecimientos, dificultad para respirar o por dolores agudos en las articulaciones o abdomen. El afectado generalmente se recuperaba, pero podía nunca quedar libre de alguno de los síntomas. Los trabajadores de los cajones notaron a menudo que se sentían mejor cuando estaban trabajando, pero fue atribuido erróneamente a la posibilidad de estar más descansados al inicio del turno.

Como los trabajos en los cajones se extendieron a proyectos más grandes y mayores presiones, los problemas fisiológicos se incrementaron en número y severidad. Con alarmante frecuencia ocurrieron fatalidades. La enfermedad fue llamada, muy lógicamente, enfermedad de los cajones. Sin embargo, los trabajadores del proyecto del puente de Brooklyn en Nueva York le dieron a la enfermedad un nombre más descriptivo que ha permanecido – los “bends”.

Hoy el bends es el más conocido de los peligros del buceo. Aunque el hombre ha estado buceando por miles de años, pocos hombres estuvieron trabajando mucho tiempo bajo

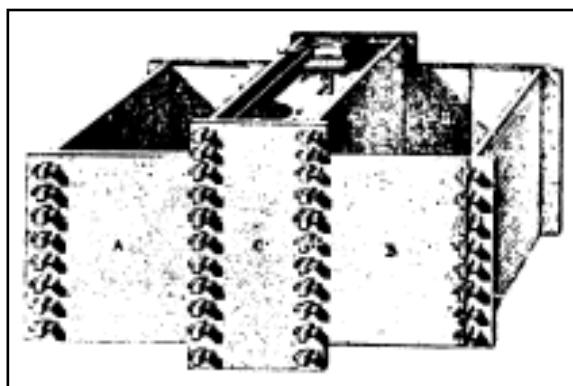


Figura 1-6. Cámara Francesa (Caisson). Esta cámara podía estar a flote en el lugar de trabajo y ser bajada al fondo inundando los tanques laterales.

grandes presiones atmosféricas, hasta el tiempo de los cajones. Individuos como Pasley, quienes experimentaron algunos de los aspectos de la enfermedad, simplemente no estaban preparados para ver otra cosa involucrada más que indigestión, reumatismo o artritis.

1-2.6.1.1 **Causas de las Enfermedades por Descompresión.** La causa real de la enfermedad de los cajones fue descrita clínicamente primero en 1878 por un fisiólogo francés, Paul Bert. En el estudio sobre el efecto de la presión en la fisiología humana, Bert determinó que respirando aire bajo presión forzaba que cantidades de nitrógeno entraran en solución en la sangre y tejidos del cuerpo. Mientras que la presión permanecía, el gas era retenido en solución. Cuando la presión era liberada rápidamente, como cuando un trabajador dejaba el cajón, el nitrógeno regresaba a su estado gaseoso muy rápidamente para salir del cuerpo de una manera natural. Se formaban burbujas de gas en todo el cuerpo, causando el amplio rango de síntomas asociados con la enfermedad. Si el flujo de sangre a órganos vitales era bloqueado por las burbujas podría ocurrir parálisis o la muerte.

1-2.6.1.2 **Prevención y Tratamiento de las Enfermedades por Descompresión.** Bert recomendó que los trabajadores de los cajones fueran descomprimidos gradualmente y los buzos retornaran lentamente a la superficie. Sus estudios condujeron a un mejoramiento inmediato para los trabajadores de los cajones, cuando descubrieron que su dolor podría ser aliviado regresando a la presión del cajón tan pronto como los síntomas aparecían.

A los pocos años, fueron colocadas en los sitios de trabajo cámaras de recompresión específicamente diseñadas para proporcionar una situación más controlada en el manejo de los bends. La presión en las cámaras podría ser incrementada o disminuida como fuera necesario por un solo trabajador. Uno de los primeros éxitos en el uso de las cámaras de recompresión fue en 1879 durante la construcción de un túnel subterráneo entre Nueva York y Nueva Jersey. La cámara de recompresión redujo marcadamente el número de casos serios y fatalidades causadas por los bends.

La recomendación de Bert de que los buzos hicieran un ascenso gradual pero constante no fue un éxito completo, sin embargo; algunos buzos continuaron sufriendo de bends. En ese tiempo había un sentimiento general de que los buzos habían alcanzado los límites prácticos de su destreza y que a 120 pies era poco más o menos la profundidad a que cualquiera podría trabajar. Esto era debido a la repetida incidencia de los bends y a la ineficiencia de los buzos más allá de esta profundidad. Ocasionalmente, los buzos perderían la conciencia mientras trabajaban a 120 pies.

1-2.6.2 **Ventilación Inadecuada.** J. S. Haldane, un fisiólogo inglés, dirigió experimentos con los buzos de la Armada Real de 1905 a 1907. Determinó que parte del problema era debido a que los buzos no ventilaban adecuadamente sus escafandras, causando que se acumularan altos niveles de CO₂. Para resolver el problema, él estableció un suministro estándar de flujo (1.5 pies³/min. de aire, medido a la presión del buzo). Fueron usadas bombas capaces de mantener el flujo y ventilación de la escafandra sobre una base continua.

Haldane también compuso una serie de tablas de buceo que establecieron un método de paradas de descompresión. Si bien estas han sido estudiadas y mejoradas con los años, esas tablas continúan como la base del método aceptado para llevar al buzo a superficie.

Como resultado de los estudios de Haldane, fue extendida la profundidad operativa práctica para buceos con aire a poco más de 200 pies. El límite no fue impuesto por factores fisiológicos, sino por la capacidad de las bombas de mano disponibles para proporcionar el suministro de aire.

1-2.6.3 **Narcosis Nitrogénica.** Pronto los buzos fueron movidos a aguas más profundas y otra inexplicable enfermedad empezó a aparecer. El buzo parecería intoxicado, sintiéndose eufórico algunas veces y perdiendo frecuentemente su sentido del juicio al punto de olvidar

el propósito del buceo. En los años 1930s este “rapto de la profundidad” fue asociado al nitrógeno del aire respirado bajo presiones más altas. Conocida como narcosis nitrogénica, esta condición ocurrió porque el nitrógeno tiene propiedades anestésicas que vienen a ser progresivamente más severas con el incremento de la presión del aire. Para evitar el problema, fueron desarrolladas mezclas de respiración especiales tales como HeO₂ para buceos profundos (vea la sección 1-4, Buceo con Mezcla de Gases).

1-2.7

Trajes de Buceo Acorazados. Numerosos inventores, muchos teniendo poca o ninguna experiencia subacuática, trabajaron para crear un traje de buceo acorazado que liberaría al buzo de los problemas de presión (Figura 1-7). En un traje acorazado, el buzo podría respirar aire a presión atmosférica normal y descender a grandes profundidades sin malos efectos. El traje de buceo de barril, diseñado por John Lethbridge en 1715, había sido en esencia un traje acorazado, pero con una profundidad operativa limitada.

La utilidad de la mayoría de los trajes acorazados era cuestionable. Eran incómodos para que el buzo fuera capaz de efectuar mucho trabajo y muy complicados para proporcionar protección de la presión extrema. La máxima profundidad prevista para los diversos trajes desarrollados en los años 1930s fue 700 pies, pero nunca fue alcanzada en buceos reales. Búsquedas más recientes en el área de trajes acorazados, ahora llamados trajes de buceo atmosférico, han demostrado su capacidad para tareas submarinas especializadas a 2000 pies de agua de mar (fsw).

1-2.8

Equipo para Buceo en Mar Profundo MK V. Por 1905, la Oficina de Reparación y Construcción había diseñado la escafandra de buceo MK V la cual pareció dirigir muchos de los problemas encontrados en el buceo. Este equipo de buceo profundo fue diseñado para trabajo rudo, extenso y proporcionó al buzo la máxima protección física y alguna maniobrabilidad.

La escafandra de buceo MK V en 1905 tenía un codo interior con una válvula de seguridad que permitía al aire entrar a la escafandra, pero no escapar de regreso al umbilical si el suministro de aire fuera interrumpido. El aire era expulsado de la escafandra a través de una válvula de escape en el lado derecho, debajo de la mirilla. La válvula de escape era ventilada hacia la parte trasera de la escafandra para prevenir que las burbujas del escape de aire interfirieran con el campo de visión del buzo.

Por 1916, se habían hecho varias mejoras a la escafandra, incluyendo un rudimentario sistema de comunicación por medio de un cable de teléfono y una válvula reguladora que era operada por un botón de presión interior. La válvula reguladora permitía algún control de la presión atmosférica. Una válvula de alivio suplementaria, conocida como la “escupidera” fue añadida al lado izquierdo de la escafandra. También se incorporó un broche de seguridad para mantener la escafandra acoplada a la placa del pecho. La válvula de escape y el sistema de comunicaciones fue mejorada por 1927, y fue disminuido el peso de la escafandra para ser más confortable para el buzo.

Después de 1927, el MK V cambió muy poco. Permaneció básicamente la misma escafandra usada en las operaciones de salvamento del USS S-51 y el USS S-4 en la mitad de los años



Figura 1-7. Traje de Buceo Blindado.



Figura 1-8. MK 12 y MK V.

1920s. El MK V, con su umbilical y traje de buceo profundo asociados, fue usado para todos los rescates submarinos y trabajos de salvamento emprendidos en tiempo de paz y prácticamente en todos los trabajos de salvamento realizados durante la 2^a Guerra Mundial. El casco de buceo MK V fue el equipo de buceo estándar de la Marina de E. U. hasta ser sustituido por el Sistema de Buceo con Suministro desde Superficie MK 12 (SSDS) en Febrero de 1980 (Figura 1-8). El MK 12 fue reemplazado por el MK 21 en Diciembre de 1993.

1-3 BUCEO SCUBA

El equipo de buceo desarrollado por Charles y John Deane, Augustus Siebe, y otros inventores dieron al hombre la habilidad para permanecer y trabajar bajo el agua por períodos prolongados, pero el movimiento era grandemente limitado por los requerimientos del aire suministrado desde superficie. Los inventores buscaron métodos para aumentar el movimiento de los buzos sin incrementar los riesgos. La mejor solución fue proveer al buzo con un suministro de aire portátil y autónomo. Por muchos años, el aparato autónomo de respiración subacuática (scuba) solo era una posibilidad teórica. Los primeros intentos para suministrar aire comprimido autónomo a los buzos no tuvieron éxito debido a las limitaciones de bombas de aire y contenedores para comprimir y almacenar aire a presión suficientemente alta. El desarrollo del scuba tomó lugar gradualmente, sin embargo, evolucionaron 3 tipos básicos:

- Scuba con circuito abierto (donde el escape es ventilado directamente al agua que lo rodea),
- Scuba con circuito cerrado (donde el oxígeno es filtrado y recirculado), y
- Scuba con circuito semi-cerrado (el cual combina las características de los tipos de circuito abierto y cerrado).

1-3.1 Scuba con Circuito Abierto. En los aparatos de circuito abierto, el aire es inhalado desde un cilindro de suministro y el desfogue es ventilado directamente al agua que lo rodea.

1-3.1.1 Regulador de Demanda Rouquayrol. El primero y sumamente necesario componente de un aparato de circuito abierto fue un regulador de demanda. Diseñado a principios de 1866 y patentado por Benoist Rouquayrol, el regulador ajustó el flujo de aire desde el tanque para reunir los requerimientos de respiración y presión del buzo. Sin embargo, puesto que los cilindros con suficiente fuerza para contener aire a alta presión no habían podido ser construidos en ese tiempo, Rouquayrol adaptó su regulador a un equipo de buceo suministrado desde superficie y la tecnología se volvió hacia los diseños de circuito cerrado.

La aplicación del concepto de Rouquayrol de un regulador de demanda a un scuba de circuito abierto tuvo que esperar más de 60 años.

1-3.1.2 **Diseño Scuba con Circuito Abierto de LePrieur.** El hilo del desarrollo del circuito abierto fue recogido en 1933. El Comandante LePrieur, un oficial naval francés, construyó un scuba con circuito abierto usando un tanque de aire comprimido. Sin embargo, Le Prieur no incluyó un regulador de demanda en su diseño y, el principal esfuerzo del buzo fue desviado al constante control manual de su suministro de aire. La falta del regulador de demanda, unido con la duración extremadamente corta, limitó severamente el uso práctico del aparato de Le Prieur.

1-3.1.3 **Aqua-lung de Cousteau y Gagnan.** Al mismo tiempo que las operaciones de combate eran llevadas a cabo con aparatos de circuito cerrado, dos franceses alcanzaron un significante adelanto en el diseño del scuba con circuito abierto. Trabajando en una pequeña villa mediterránea, bajo las difíciles y restrictivas condiciones de la Francia ocupada por Alemania, Jacques-Ives Cousteau y Emile Gagnan combinaron un regulador de demanda mejorado con tanques de aire a alta presión para crear el primer scuba con circuito abierto verdaderamente eficiente y seguro, conocido como Aqua-lung. Cousteau y sus compañeros llevaron el Aqua-lung a un alto estado de evolución conforme exploraron y fotografiaron naufragios, desarrollaron nuevas técnicas de buceo y probaron sus equipos.

El Aqua-lung fue la culminación de cientos de años de progreso, mezclando el trabajo de Rouquayrol, Le Prieur y Fleuss, un pionero en el desarrollo del scuba con circuito cerrado. Cousteau usó su equipo exitosamente a 180 fsw sin dificultad significativa y con el fin de la guerra el Aqua-lung rápidamente llegó a ser un éxito comercial. Hoy, el Aqua-lung es el equipo de buceo usado más ampliamente, abriendo el mundo submarino a cualquiera con el entrenamiento adecuado y las habilidades físicas necesarias.

1-3.1.4 **Impacto del Scuba en el Buceo.** La libertad subacuática coaccionada por el desarrollo del scuba condujo a un rápido crecimiento del interés por el buceo. El buceo deportivo ha llegado a ser muy popular, pero la ciencia y el comercio también han sido beneficiados. Biólogos, Geólogos y Arqueólogos tienen todo yendo bajo el agua, buscando nuevas pistas para los orígenes y el comportamiento de la tierra, el hombre y la civilización como un todo. Una industria completa ha crecido en torno al buceo comercial, con la mayor parte de la actividad en el área de la producción petrolera costa fuera.

Después de la 2^a Guerra Mundial, el arte y ciencia del buceo progresaron rápidamente, con énfasis localizado en el mejoramiento de las técnicas de buceo existentes, creando nuevos métodos y desarrollando el equipo necesario para utilizar estos métodos. Una generación completa de nuevo y sofisticado equipo tomó forma, con mejoras sustanciales tanto a los aparatos con circuito abierto como cerrado. Sin embargo, el aspecto más significante de su expansión tecnológica ha sido el desarrollo estrechamente unido de las técnicas de buceo de saturación y los sistemas de buceo profundo.

1-3.2 **Scuba con Circuito Cerrado.** El sistema básico de scuba con circuito cerrado, o respirador de oxígeno, usa un cilindro que suministra oxígeno al 100 % a una bolsa de respiración. El oxígeno usado por el buzo es reciclado en el aparato, pasando a través de un filtro químico que remueve el CO₂. El oxígeno es añadido desde el tanque para reemplazar el consumido en la respiración. Para operaciones especiales de guerra, el sistema con circuito cerrado tiene una ventaja mayor sobre el tipo con circuito abierto: no produce la estela de burbujas en la superficie.

1-3.2.1 **Scuba con Circuito Cerrado de Fleuss.** Henry A. Fleuss desarrolló el primer scuba con circuito cerrado comercialmente práctico entre 1876 y 1878 (Figura 1-9). El equipo de Fleuss consistió de una máscara facial estanca de hule y una bolsa de respiración conectada a un tanque de cobre con el 100 % de oxígeno cargado a 450 psi. Usando el oxígeno en lugar

del aire comprimido como medio respiratorio, Fleuss eliminó la necesidad de tanques de alta resistencia. En los primeros modelos de este aparato, el buzo controlaba la alimentación de oxígeno fresco con una válvula manual.

Fleuss probó de manera exitosa su aparato en 1879. En la primer prueba, se mantuvo en un tanque de agua cerca de 1 hora. En la segunda prueba, caminó a lo largo del fondo de un riachuelo a una profundidad de 18 pies. Durante la segunda prueba, Fleuss cerró su alimentación de oxígeno para ver que pasaría. Pronto quedó inconsciente, y sufrió embolismo gaseoso ya que su ayudante lo jaló a la superficie. Pocas semanas después de su recuperación, Fleuss hizo arreglos para poner su diseño recirculatorio en producción comercial.

En 1880, el scuba de Fleuss figuró prominentemente en una hazaña altamente publicitada por un buzo inglés, Alexander Lambert. Un túnel bajo el río Severn se inundó y Lambert, usando un aparato de Fleuss, caminó 1000 pies a lo largo del túnel, en completa oscuridad, para cerrar las válvulas cruciales.



Figura 1-9. Aparato de Fleuss.

1-3.2.2

Sistemas Modernos con Circuito Cerrado. Como el desarrollo en el diseño del circuito cerrado continuó, el equipo de Fleuss fue mejorado con la adición de un regulador de demanda y tanques capaces de contener oxígeno a más de 2000 psi. Durante la 1^a Guerra Mundial, el scuba de Fleuss (con modificaciones) fue la base para los equipos de escape de submarinos usado en la Armada Real. En la 2^a Guerra Mundial, las unidades con circuito cerrado fueron usadas ampliamente para operaciones de buceo de combate (Párrafo 1-3.5.2).

Algunos sistemas modernos con circuito cerrado emplean una mezcla de gases para respiración, sensores electrónicos y controles para la concentración de oxígeno. Este tipo de aparatos mantiene la característica de ser libres de burbujas de los recirculadores de oxígeno al 100 % mientras mejoran significativamente su capacidad de profundidad.

1-3.3

Riesgos de Usar Oxígeno en un Scuba. Fleuss no estaba consciente de los serios problemas de la toxicidad por oxígeno causados por respirar 100 % de oxígeno bajo presión. Aparentemente no fue encontrada la intoxicación por oxígeno cuando se realizaron los primeros experimentos en aguas poco profundas. El daño de envenenamiento por oxígeno se descubrió realmente antes de 1878 por Paul Bert, el fisiólogo quien primero propuso la descompresión controlada como una forma para evitar los bends. En experimentos en laboratorio con animales, Bert demostró que la respiración del oxígeno bajo presión podría llevar a convulsiones y la muerte (intoxicación por oxígeno del sistema nervioso central).

En 1899, Lorrain Smith encontró que respirar oxígeno durante prolongados períodos de tiempo, aún a una presión que no fuera suficiente para causar convulsiones, podría llevar a una intoxicación pulmonar por oxígeno, una seria irritación del pulmón. Sin embargo, los resultados de esos experimentos no fueron publicados ampliamente. Por muchos años, los buzos trabajadores no estuvieron conscientes de los peligros del envenenamiento por oxígeno.

La verdadera seriedad del problema no fue aparente hasta que un gran número de nadadores de combate estuvo siendo entrenado en los primeros años de la 2^a Guerra Mundial. Después de un número de accidentes por intoxicación con oxígeno, los británicos establecieron una profundidad operacional límite de 33 fsw. En la Marina de los E. U. continuaron investigaciones posteriores a la guerra, resultando en el establecimiento de un límite de

trabajo normal de 25 fsw durante 75 minutos para el respirador de oxígeno Emerson. También se permitió un límite de profundidad máximo de emergencia de 40 fsw por 10 minutos.

Eventualmente se probó que esos límites eran operacionalmente restrictivos, y se pidió a la Unidad de Buceo Experimental de la Marina que reexaminaran el problema entero de la intoxicación por oxígeno a mediados de los años 1980. Como resultado de este trabajo, se adoptaron límites más liberales y flexibles para el uso de la Marina de E. U.

1-3.4

Scuba con Circuito Semi-Cerrado. El scuba con circuito semi-cerrado combina las características de los sistemas con circuito cerrado y abierto. Usando una mezcla de gases para respiración, el aparato recicla el gas a través de una canastilla que remueve el CO₂ y continuamente agrega al sistema una pequeña cantidad de mezcla de gases rica en oxígeno desde un cilindro de suministro. El flujo del suministro de gas es preestablecido para satisfacer la demanda de oxígeno del cuerpo; una cantidad igual de la mezcla de gas recirculante es continuamente expulsada al agua. Ya que la cantidad del gas Enriquecido es constante sin importar la profundidad, el scuba semi-cerrado proporciona significativamente mayor duración que el sistema de circuito abierto en buceos profundos.

1-3.4.1

Respirador de Mezcla de Gas de Lambertsen. A finales de los años 1940s, el Dr. C. J. Lambertsen propuso que las mezcla de nitrógeno o helio con un elevado contenido de oxígeno fueran usadas en scuba para expandir el rango de profundidad más allá que lo permitido por los respiradores de oxígeno al 100 %, mientras minimizaba simultáneamente los requerimientos de descompresión.

En los inicios de los años 1950s, Lambertsen introdujo el FLATUS I, un scuba con circuito semi-cerrado que continuamente añadía un pequeño volumen de mezcla de gas, mas que oxígeno puro, a un circuito respiratorio. El pequeño volumen del nuevo gas proporcionaba el oxígeno necesario para consumo metabólico mientras que el CO₂ expulsado era retenido por una canastilla con absorbente. Ya que el gas inerte, así como el oxígeno, era añadido al equipo, y debido a que no era consumido por el buzo, continuamente era arrojada una pequeña cantidad de la mezcla de gases fuera del equipo.

1-3.4.2

UBA MK 6. En 1964, después de un trabajo de desarrollo significativo, la Marina adoptó un recirculador de mezcla de gases, de circuito semi-cerrado, el UBA MK 6, para nadadores de combate y operaciones EOD. Los procedimientos de descompresión para las mezclas HeO₂ y N₂O₂ fueron desarrollados en la Unidad de Buceo Experimental de la Marina. Los aparatos tuvieron una capacidad de profundidad máxima de 200 fsw y una duración máxima de 3 horas dependiendo de la temperatura del agua y la actividad del buzo. Ya que los aparatos estaban basados en un flujo constante de mezcla de gases, la duración fue independiente de la profundidad del buzo.

A finales de los años 1960s, se empezó a trabajar en un nuevo tipo de tecnología para el respirador de mezcla de gases, la cual fue utilizada posteriormente en los UBA MK 15 y MK 16. En este UBA, la ppO₂ fue controlada en un valor constante por medio de un sensor de oxígeno y un sistema de inyección. Conforme el buzo consumía oxígeno, el sensor detectaba que la ppO₂ caía y mandaba una señal para que se abriera una válvula, permitiendo que una pequeña cantidad de oxígeno puro se enviara desde el cilindro hasta el circuito del respirador. De esta manera la adición del oxígeno correspondía exactamente al consumo metabólico. El CO₂ exhalado era retenido en una canastilla de absorbente. El sistema tenía la duración y las características completas de un respirador de oxígeno de circuito cerrado sin causar las preocupaciones ni tener las limitaciones asociadas con la intoxicación por oxígeno.

Al inicio de 1979, el UBA de circuito semi-cerrado MK 6 fue reemplazado con el nuevo UBA de ppO₂ constante y circuito cerrado MK 15. Los procedimientos de descompresión para el MK 15 con nitrógeno y helio fueron desarrollados por el NEDU a principios de los

años 1980s. En 1985, el MK 16, una nueva versión mejorada y antimagnética del MK 15, fue aprobada para el uso de los equipos para la Eliminación de Materiales Explosivos (EOD).

1-3.5 Uso del Scuba Durante la 2^a Guerra Mundial. Aunque el equipo con circuito cerrado fue restringido a aguas poco profundas y llevó consigo el peligro potencial de la intoxicación por oxígeno, su diseño alcanzó un alto nivel apropiado de eficiencia durante la 2^a Guerra Mundial. Durante la guerra, las unidades de respiración de los buzos de combate fueron usadas ampliamente por las Armadas en ambos bandos del conflicto. Los buzos usaron varios modos de ataque subacuático. Se hicieron muchos sucesos notables, incluyendo el hundimiento de varios buques de guerra, cruceros y un número de barcos mercantes.

1-3.5.1 Torpedos Guiados por Buzos. Buzos italianos, usando equipo de circuito cerrado, montaron vehículos de torpedos adaptados con asientos y control manual en repetidos ataques contra barcos ingleses. En 1936, la Marina Italiana probó un sistema de vehículos en los cuales los buzos utilizaron un descendiente del scuba de Fleuss. Este fue el pulmón de Davis (Figura 1-10). Originalmente fue diseñado como un dispositivo de escape de submarinos y después fue fabricado en Italia bajo la licencia del propietario de la patente inglesa.

Buzos ingleses, llevados al lugar de la acción en submarinos enanos, ayudaron en la colocación de cargas explosivas bajo la quilla del buque de guerra alemán *Tirpitz*. Los ingleses iniciaron su programa de naves torpederas en 1942 usando el Pulmón de Davis y trajes de exposición. Los nadadores usando el traje MK 1 descubrieron rápidamente que el acero de las botellas de oxígeno afectaba adversamente el compás de la nave torpedera. Los cilindros de aluminio todavía no estaban disponibles en Inglaterra, pero las aeronaves alemanas usaban cilindros de aluminio para oxígeno que eran casi de la misma medida que los cilindros de acero de las naves de torpedos. Bastantes cilindros de aluminio fueron recuperados de los bombarderos enemigos derribados para proporcionarlos a las fuerzas inglesas.



Figura 1-10. Aparato Original de Escape Sumergido Davis

Otros cambios, introducidos en los equipos de buceo MK 2 y MK 3, envolvieron mejoras en las válvulas, diseño de la máscara facial y adaptaciones de los componentes. Después de la guerra, el MK 3 se convirtió en el equipo de buceo para aguas poco profundas de la Marina Real. El traje MK 4 fue usado cerca del final de la guerra. Contrario al MK 3, el MK 4 podría ser suministrado con oxígeno desde una botella autónoma o desde un cilindro más grande llevado en la nave. Esto dio al nadador mayor duración, conservando aún la libertad de movimiento independiente de la nave de torpedos.

En las últimas etapas de la guerra, los japoneses emplearon un equivalente submarino de sus ataques aéreos kamikazes – el torpedo Kaiten guiado por un buzo.

1-3.5.2 Nadadores de Combate de E. U. Hubo dos grupos de nadadores de combate de E. U. en la 2^a Guerra Mundial: nadadores de reconocimiento naval de playa y nadadores operacionales de E. U. Las unidades de reconocimiento naval de playa normalmente no usaban ningún dispositivo de respiración, aunque existían varios modelos.

Sin embargo, los grupos de nadadores operacionales de E. U., bajo la Oficina de Servicios Estratégicos, desarrollaron y aplicaron métodos avanzados para verdaderas operaciones de



Figura 1-11. Unidad Respiratoria Anfibia Lambertsen (LARU).



Figura 1-12. Respirador de Oxígeno Emerson-Lambertsen.

buceo autónomo. Emplearon la Unidad Respiratoria Anfibia Lambertsen (LARU), un respirador inventado por el Dr. C. J. Lambertsen (Figura 1-11). El LARU era un UBA de oxígeno y circuito cerrado usado en operaciones especiales de guerra donde era necesaria la ausencia completa de burbujas. Después de la 2^a Guerra Mundial, el Respirador de Oxígeno Emerson-Lambertsen reemplazó al LARU (Figura 1-12). La Unidad Emerson fue usada ampliamente por los buzos de fuerzas especiales de la Marina hasta 1982, cuando fue reemplazada por el Pulmón Regenerador Automático Dräger (LAR) V. El LAR V es la unidad estándar en uso actualmente por los nadadores de combate de la Marina de E. U. (Figura 1-13).

Los nadadores de combate de la Marina hoy están organizados en dos grupos separados, cada uno con misiones y entrenamiento especializado. El Equipo de Eliminación de Materiales Explosivos (EOD) maneja, desactiva, y elimina municiones y otros explosivos. El equipo especial de guerra Mar, Aire y Tierra (SEAL) forma el segundo grupo de nadadores de combate de la Marina. Los miembros del equipo SEAL están entrenados para operar en todos esos ambientes. Son paracaidistas calificados, aprenden a manejar una gama de armas, reciben entrenamiento intensivo en combate cuerpo a cuerpo y son expertos en scuba y otras técnicas de natación y buceo. En Vietnam los SEAL fueron desplegados en operaciones especiales de contra-insurgencia y guerrilla. Los SEAL también participaron en el programa espacial asegurando collares de flotación en las cápsulas que retornaban del espacio y asistiendo a los astronautas durante la recuperación en helicópteros.



Figura 1-13. UBA Dräger LAR V.

1-3.5.3 Demolición Subacuática. Los Equipos de Demolición Submarina de la Marina (UDT) fueron creados cuando se agruparon expertos en la eliminación de bombas y SeaBees (Ingenieros de combate) en 1943 para idear métodos de remoción de obstáculos que los alemanes habían colocado en las playas de Francia. La primera misión de combate de los UDT fue un proyecto de reconocimiento y demolición a la luz del día fuera de las playas de Saipan en Junio de 1944. En Marzo de 1945, preparando la invasión de Okinawa, un equipo de demolición submarina alcanzó el excepcional récord de remoción de 1200 obstáculos submarinos en dos días, bajo fuego intenso y sin una sola baja.

Debido a que el equipo apropiado no estuvo disponible rápidamente, los aparatos de buceo no fueron extensamente usados por los UDT durante la guerra. Los UDT experimentaron con un pulmón de Momsen modificado y otros tipos de aparatos de respiración, pero no fue hasta 1947 que la Marina adquirió equipos Aqua-lung que dio ímpetu a los aspectos de buceo de las operaciones UDT. El rastro de burbujas de los aparatos de circuito abierto limitó el tipo de misiones en las que podrían ser empleados, pero se formó un pelotón especial de miembros del UDT con scuba para probar el equipo y determinar sus usos apropiados.

Desde entonces a través de los años, la misión e importancia de los UDT ha crecido. En el conflicto de Corea, durante el período de retirada estratégica, el UDT destruyó un complejo portuario completo para resguardarse del enemigo. Desde entonces los UDT han sido incorporados dentro de los Equipos SEAL de la Marina.

1-4 BUCEO CON MEZCLA DE GASES

Las operaciones de buceo con mezcla de gases se han realizado usando un medio respiratorio diferente al aire. Este medio puede consistir de:

- Nitrógeno y oxígeno en proporciones diferentes a las encontradas en la atmósfera
- Una mezcla de otros gases inertes, tales como helio, con oxígeno.

El gas de respiración también puede ser el oxígeno al 100%, el cual no es una mezcla de gas, pero requiere de entrenamiento para su uso con seguridad. El aire puede ser usado en algunas fases de un buceo con mezcla de gases.

El buceo con mezcla de gases es una tarea compleja. Una operación de buceo con mezcla de gases requiere un extenso entrenamiento especial, una planificación detallada, equipo especializado y avanzado y, en muchas aplicaciones, requiere instalaciones y bastante personal de apoyo en superficie. Debido a que a menudo las operaciones con mezcla de gases son realizadas a grandes profundidades o por largos períodos de tiempo, los riesgos al personal se incrementan ampliamente. Los buzos que estudian el buceo con mezcla de gases deben primero estar calificados en las operaciones de buceo con aire.

En años recientes, para cumplir con las capacidades y requerimientos operacionales básicos, la Marina de E. U. dividió el buceo con mezcla de gases en dos categorías:

- El buceo de no-saturación sin una campana presurizada a una profundidad máxima de 300 fsw, y
- El buceo de saturación para buceos de 150 fsw y a profundidades mayores o trabajos con tiempos de fondo extensos.

El límite de 300 pies está basado principalmente en el gran riesgo de enfermedades de descompresión cuando se usan técnicas de buceo de no-saturación a profundidades mayores que 300 fsw.

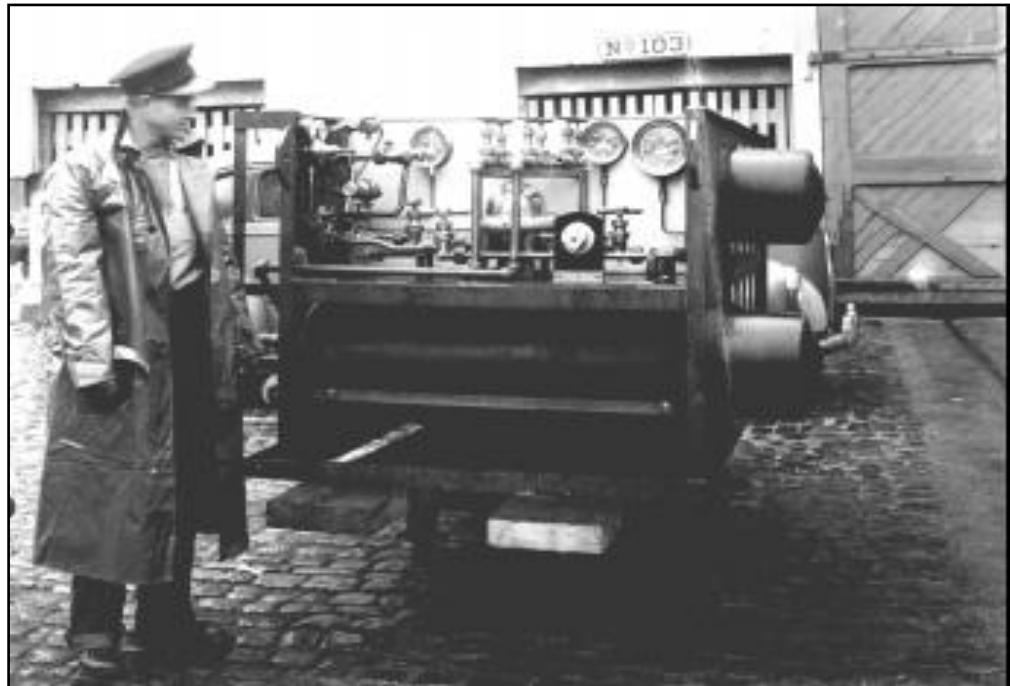


Figura 1-14. Manifold de Buceo con Helio-Oxígeno.

1-4.1 Buceo de No-saturación.

1-4.1.1

Buceo con Helio-Oxígeno (HeO_2). Un inventor llamado Elihu Thomson teorizó que el helio podría ser un sustituto apropiado del nitrógeno en el suministro respiratorio de los buzos. Estimó que al menos se podía obtener un 50% de ganancia en la profundidad de trabajo sustituyendo el nitrógeno por el helio. En 1919, sugirió que la Oficina de Minas de E. U. investigara esta posibilidad. Thomson dirigió su sugerencia hacia la Oficina de Minas más que al Departamento de Marina, ya que la Oficina de Minas mantuvo un virtual monopolio mundial de la venta y distribución del helio.

1-4.1.1.1

Experimentos con Mezclas Helio-Oxígeno. En 1924, la Oficina de Minas y el Departamento de Marina patrocinaron de manera conjunta una serie de experimentos usando mezclas helio-oxígeno. El trabajo inicial fue hecho en la Estación Experimental de la Oficina de Minas en Pittsburg, Pennsylvania. La Figura 1-14 es una foto de uno de los primeros manifolds de la Marina para buceo con helio-oxígeno.

Los primeros experimentos no mostraron efectos perjudiciales de los animales de prueba o de los humanos al respirar mezclas helio-oxígeno, y el tiempo de descompresión fue acortado. Los principales efectos fisiológicos notados por los buzos usando helio-oxígeno fueron:

- La sensación aumentada de frío causado por la alta conductividad térmica del helio, y
- La aguda distorsión o efecto del “Pato Donald” en el habla humana que resultó de las propiedades acústicas y de la reducida densidad del gas.

Estos experimentos mostraron claramente que las mezclas helio-oxígeno ofrecieron grandes ventajas sobre el aire para los buceos profundos. Ellos fueron la base para el desarrollo de tablas de descompresión confiables y aparatos especializados, los cuales son la piedra angular de la tecnología moderna de buceo profundo.

En 1937, en las instalaciones de investigación de la Unidad de Buceo Experimental, se

comprimió a un buzo equipado con un traje para buceo profundo y con suministro respiratorio de HeO₂ en una cámara a una profundidad simulada de 500 pies. El buzo no fue informado de la profundidad y cuando se le preguntó que estimara la profundidad, el buzo reportó que él sentía como si estuviera a 100 pies. Durante la descompresión en la marca de 300 pies, la mezcla respiratoria fue cambiada a aire y el buzo tuvo problemas inmediatamente por la narcosis nitrogénica.

La primer prueba práctica del HeO₂ vino en 1939, cuando fue salvado el submarino USS Squalus desde una profundidad de 243 fsw. En ese año, la Marina editó las tablas de descompresión para buceo con HeO₂ suministrado desde superficie.

1-4.1.1.2

Casco MK V MOD 1. Debido a que el helio era muy caro y el suministro a bordo era limitado, el casco estándar MK V MOD 0 con circuito abierto no fue económico para buceos con HeO₂ suministrado desde superficie. Después de experimentar con varios diseños diferentes, la Marina de E. U. adoptó el MK V MOD 1 con circuito cerrado (Figura 1-15).

El casco MK V MOD 1 fue equipado con una canastilla de absorbente de CO₂ y un recirculador ensamblado con véntruri. El gas en el casco era recirculado continuamente por el véntruri a través de un scrubber para CO₂. Con la absorción del CO₂ mediante la filtración más que por la ventilación del casco, el flujo de gas nuevo dentro del casco fue reducido a la cantidad requerida para reponer el oxígeno. El consumo de gas del nuevo sistema con circuito semi-cerrado MK V MOD 1 fue aproximadamente el 10% del de circuito abierto MK V MOD 0.

El MK V MOD 1, con su peto y la canastilla de recirculación de gas, pesaba aproximadamente 103 libras comparadas a las 56 libras del casco estándar de aire y el peto. Este fue equipado con un anillo de levante en lo alto del casco para ayudar al buzo a colocárselo y mantener sus hombros libres de peso hasta que fuera bajado al agua. El buzo era bajado al y sacado del agua en una canastilla conectada a una pluma a bordo.

1-4.1.1.3

Diseñadores Civiles. Los buzos de la Marina no fueron los únicos que trabajaron con helio y mezcla de gases. En 1937, el ingeniero civil Max Gene Nohl alcanzó los 420 pies en el Lago Michigan mientras respiraba HeO₂ y usando un traje de su propio diseño. En 1946, el buzo civil Jack Browne, diseñador de la máscara ligera de buceo la cual lleva su nombre, hizo un buceo simulado con HeO₂ a 550 pies. En 1948, un buzo de la Marina Británica impuso un récord de 540 fsw en mar abierto mientras usaba helio sobrante de la guerra suministrado por E. U.

1-4.1.2

Buceo con Hidrógeno-Oxígeno. En países donde estaba más restringida la disponibilidad del helio, los buzos experimentaron con mezclas de otros gases. El ejemplo más notable es el del ingeniero Suizo Arne Zetterstrom, quien trabajó con mezclas hidrógeno-oxígeno. La naturaleza explosiva de tales mezclas era bien conocida, pero también se sabía que el hidrógeno no explotaría cuando fuera usado en una mezcla con menos del 4% de oxígeno. En la superficie, este porcentaje de oxígeno no sería suficiente para mantener la vida; sin embargo, a 100 pies, la ppO₂ sería equivalente al 16% O₂ en superficie.

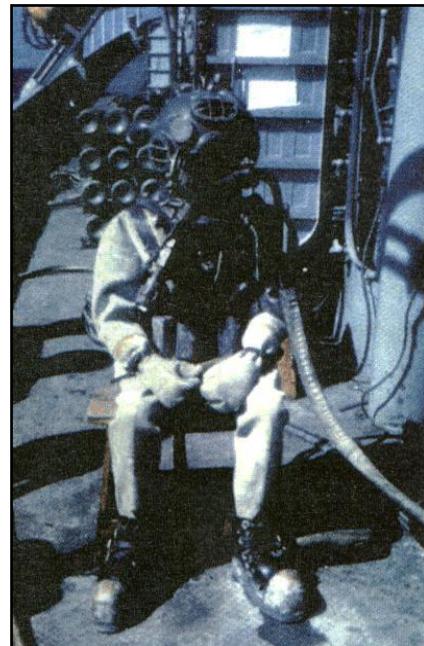


Figura 1-15. Casco MK V MOD 1.

Zetterstrom dividió un método simple para hacer la transición del aire al hidrógeno-oxígeno sin exceder el límite del 4% de O₂. En el nivel de 100 pies, él reemplazó su aire de respiración con una mezcla del 96% de nitrógeno y el 4% de oxígeno. Entonces reemplazó esa mezcla con hidrógeno-oxígeno en las mismas proporciones. En 1945, después de algunas pruebas exitosas de buceo a 363 pies, Zetterstrom alcanzó 528 pies. Desgraciadamente, como resultado de un malentendido de parte de su personal de apoyo en superficie, fue traído a la superficie muy rápidamente. Zetterstrom no tuvo tiempo para Enriquecer su mezcla respiratoria o descomprimirse adecuadamente y murió como resultado de los efectos de su ascenso.

- 1-4.1.3 **Buceo Moderno con Mezcla de Gases Suministrada desde Superficie.** La Marina de E. U. y la Marina Real continuaron el desarrollo de los procedimientos y del equipo para buceos con helio-oxígeno suministrado desde superficie en los años siguientes a la 2^a Guerra Mundial. En 1946, se estableció el Almirantazgo de la Unidad de Buceo Experimental y, en 1956, durante unas pruebas de buceo con HeO₂ en mar abierto, un buzo de la Marina Real alcanzó una profundidad de 600 fsw. Ambas Marinas condujeron pruebas de descompresión con HeO₂ en un intento de desarrollar mejores procedimientos.

A principios de los años 1960s, un entusiasta y joven buzo de Suecia, Hannes Keller, propuso técnicas para obtener grandes profundidades minimizando los requerimientos de descompresión. Usando una serie de mezclas de gas contenido variadas concentraciones de oxígeno, helio, nitrógeno y argón, Keller demostró el valor de la elevada presión de oxígeno y la secuencia de gases en una serie de buceos exitosos en los lagos de las montañas. En 1962, con un apoyo parcial de la Marina de E. U., él alcanzó una profundidad en mar abierto de más de 1000 fsw frente a las costas de California. Desgraciadamente, este buceo fue estropeado por la tragedia. Debido a un error no relacionado a su propia técnica, Keller perdió el conocimiento en el fondo y, posteriormente en la descompresión de emergencia, el compañero de Keller murió por una enfermedad de descompresión.

A finales de los años 1960s, quedó en claro que el buceo suministrado desde superficie a más de 300 fsw era mejor realizarlo usando un sistema de buceo profundo (campana) donde las técnicas de secuencia de gas iniciadas por Hannes Keller podrían ser explotadas para un gran beneficio, mientras se mantenía a los buzos en un estado de confort y seguridad. La Marina de E. U. desarrolló los procedimientos de descompresión para los sistemas de buceo en campana a finales de los años 1960s y principios de los 1970s. Para el buceo con suministro desde superficie en el rango de 0-300 fsw, se prestó atención al desarrollo de nuevos equipos para reemplazar el pesado casco MK V MOD 1.

- 1-4.1.4 **Equipo de Buceo MK 1 MOD 0.** El nuevo equipo desarrollado continuó a lo largo de dos caminos paralelos, el desarrollo de los sistemas de respiración de demanda con circuito abierto para el buceo profundo con HeO₂, y el desarrollo de un casco de recirculación mejorado como el reemplazo directo del MK V MOD 1. A finales de los 1960s, las mejoras en la ingeniería de los reguladores de demanda redujeron la resistencia de respiración en buceos profundos a niveles aceptables. Los cascos y máscaras que incorporaron estos nuevos reguladores llegaron a estar disponibles comercialmente. En 1976, la Marina de E. U. aprobó el Equipo Ligero de Buceo con Mezcla de Gases MK 1 MOD 0 para buceos a 300 fsw con HeO₂ (Figura 1-16). El Equipo de Buceo MK 1 MOD 0 incorporó una máscara completa presentando un regulador para respiración con demanda y circuito abierto y un cilindro para el suministro de gas de emergencia. El contacto con superficie se mantenía a través de un umbilical el cual incluía la manguera de gas de respiración, cable de comunicación, cable de vida y la manguera del profundímetro. El buzo era equipado con un traje seco o con un traje de agua caliente dependiendo de la temperatura del agua. El equipo fue distribuido como un equipo ligero de buceo en un sistema con suficiente equipamiento para soportar una operación de buceo empleando a dos buzos trabajando y un buzo sustituto o de reserva (standby). El equipo fue usado en conjunto con una campana abierta de buceo la cual reemplazó la canastilla tradicional del buzo y añadió seguridad adicional. En 1990, el MK 1

MOD 0 fue reemplazado por el casco de demanda MK 21 MOD 1 (Superlite 17 B/NS). Este es un equipo ligero en uso hoy en día.

En 1985, después de un extenso período de desarrollo, fue aprobado el reemplazo directo para el casco MK V MOD 1 para el uso de la Flota. El nuevo Sistema de Buceo con Mezcla de Gases Suministrada desde Superficie MK 12 (SSDS) es similar al SSDS MK 12 para aire, con la adición de una mochila ensamblada para permitir la operación en el modo de circuito semi-cerrado. El sistema MK 12 fue retirado en 1992 después de la introducción del casco de demanda MK 21 MOD 1.

1-4.2

Campanas de Buceo. Aunque abiertas, las campanas de buceo con presión balanceada han sido usadas por varios siglos, no fue sino hasta 1928 que apareció una campana la cual fue capaz de mantener la presión interna cuando se subía a la superficie. En ese año, Sir Robert H. Davis, el pionero inglés en equipo de buceo, diseñó la Cámara Sumergible de Descompresión Davis (SDC). La nave fue concebida para reducir el tiempo en que el buzo se mantuviera en el agua durante una descompresión larga.

La SDC Davis era un cilindro de acero capaz de aguantar a dos hombres, con dos escotillas de apertura interior, una en la parte alta y otra en la parte baja. Un buzo con suministro desde superficie era bajado por un costado en el modo normal, y la campana bajada a una profundidad de 60 pies con la escotilla inferior abierta y un ayudante en el interior. El aire suministrado desde superficie ventilaba la campana para evitar que se inundara. Las paradas de descompresión profundas del buzo eran hechas en el agua y al llegar a los 60 pies el buzo era asistido por el ayudante dentro de la campana. La manguera de suministro de gas del buzo y el cable de comunicación era desconectada del casco y se sacaba de la campana. Se cerraba la escotilla inferior y se subía la campana a la cubierta donde el buzo y el ayudante eran descomprimidos dentro de un relativo bienestar y seguridad en la campana.

Por 1931, los largos tiempos de descompresión asociados con la profundidad de buceo y la necesidad de añadir confort al buzo dieron como resultado el diseño de una campana mejorada. Davis diseñó una cámara de descompresión en cubierta (DDC) de tres compartimentos a la cual podía acoplarse mecánicamente la SDC, permitiendo la transferencia del buzo bajo presión. La DDC proporcionó espacio adicional, una litera, comida, y ropa para la comodidad del buzo durante una descompresión larga. Este procedimiento también liberó la SDC para ser usada por otro grupo de buceo para operaciones de buceo continuas.

El concepto SDC-DDC fue un gran avance en la seguridad del buceo, pero este concepto no fue aplicado a la tecnología del buceo Americana hasta la llegada del buceo de saturación. En 1962, E. A. Link empleó una SDC cilíndrica de aluminio en la realización de su primer experimento de saturación en mar abierto. En estos experimentos, Link usó la SDC para transportar a los buzos a y desde el fondo del mar y una DDC para una mayor comodidad del buzo. El buceo en América había entrado a la era del Sistema de Buceo Profundo (DDS) y crecieron los avances y las aplicaciones del concepto con una rapidez fenomenal tanto en el buceo militar como en el buceo comercial.



Figura 1-16. Equipo de Buceo MK 1 MOD 0.

1-4.3 **Buceo de Saturación.** Como los buzos llegaron a más profundidad e intentaron tareas submarinas más ambiciosas, se hizo evidente la necesidad de un método seguro para extender el tiempo real de trabajo a profundidad. Los ejemplos de misiones de saturación incluyen rescates de submarinos y salvamento, implantaciones y construcciones en el lecho marino, y observaciones y pruebas científicas. Estos tipos de operaciones están caracterizadas por la necesidad de extensos tiempos de fondo y, consecuentemente, se realizan más eficientemente usando técnicas de saturación.

1-4.3.1 **Ventajas del Buceo de Saturación.** En operaciones de buceo, la descompresión es el factor que consume más tiempo. Por ejemplo, un buzo trabajando durante por una hora a 200 fsw requerirá gastar 3 horas 20 minutos adicionales en el agua sufriendo la descompresión necesaria.

Sin embargo, una vez que el buzo llegaba a estar saturado con los gases que hacen la descompresión necesaria, el buzo no necesitaba de descompresión adicional. Cuando la sangre y los tejidos han absorbido todo el gas que pueden contener a la profundidad, el tiempo para la descompresión se hace constante. Mientras que la profundidad no sea aumentada, el tiempo adicional en el fondo está libre de cualquier descompresión adicional.

Si un buzo pudiera permanecer bajo presión para completar un trabajo requerido, el buzo encararía una descompresión prolongada solamente al término de su proyecto. Por unas 40 horas de trabajo a 200 fsw, un buzo saturado gastaría 5 días a la presión del fondo y 2 días en descompresión, opuestamente a un total de 40 días de trabajo haciendo buceos de 1 hora con prolongados períodos de descompresión usando los métodos convencionales.

La Marina de E. U. desarrolló y aprobó técnicas de buceo de saturación en sus series SEALAB. Las técnicas avanzadas de buceo de saturación están siendo desarrolladas en programas en marcha de investigación y desarrollo en la Unidad de Buceo Experimental de la Marina (NEDU), el Laboratorio de Investigación Médica Submarina de la Marina (NSMRL), y muchas instalaciones hiperbáricas institucionales y comerciales. Además, el buceo de saturación usando Sistemas de Buceo Profundo (DDS) es ahora una capacidad probada.

1-4.3.2 **Teoría de Saturación de Bond.** Un verdadero impulso científico se le dio primero al concepto de saturación en 1957 cuando un Oficial Médico de Buceo de la Marina, el Capitán George F. Bond, teorizó que los tejidos corporales eventualmente podrían llegar a estar saturados con gas inerte si el tiempo de exposición fuera bastante largo. Bond, en ese entonces Comandante y Director del Centro Médico Submarino en New London, Connecticut, se reunió con el Capitán Jacques-Yves Cousteau y determinaron que los datos requeridos para probar la teoría del buceo de saturación podrían ser desarrollados en el Centro Médico.

1-4.3.3 **Proyecto Génesis.** Con el soporte de la Marina de E. U. el Dr. Bond inició el proyecto Génesis para probar la teoría del buceo de saturación. Una serie de experimentos, primero con animales de laboratorio y después con humanos, probó que una vez que el buzo estaba saturado, no se requería de tiempo de descompresión adicional si se extendía el tiempo de fondo. El proyecto Génesis demostró que el hombre podría mantenerse por largos períodos bajo presión, y cuales eran los medios que necesitaba para poner este concepto en uso sobre el lecho marino.

1-4.3.4 **Pruebas de Desarrollo.** Varios buceos de prueba fueron realizados a principios de los años 1960s:

- Las primeras demostraciones prácticas de buceo de saturación en mar abierto fueron llevadas a cabo en Septiembre de 1962 por Edward A. Link y por el Capitán Jacques-Yves Cousteau.

- El programa de Link Hombre-en-el-Mar tuvo a un hombre respirando helio-oxígeno a 200 fsw por 24 horas en un sistema de buceo diseñado especialmente.
- Cousteau colocó 2 hombres en un hábitat submarino lleno de gas, con presión balanceada a 33 fsw en donde permanecieron por 169 horas, moviéndose libremente dentro y fuera de su hábitat.
- El programa Conshelf Uno de Cousteau mantuvo seis hombres respirando helio-oxígeno a 35 fsw por 7 días.
- En 1964, Link y Lambertsen realizaron una exposición de 2 días con dos hombres a 430 fsw.
- El experimento Conshelf Dos de Cousteau mantuvo un grupo de siete hombres por 30 días a 36 fsw y 90 fsw con excursiones de buceo a 330 fsw.

1-4.3.5 **Programa Sealab.** El esfuerzo experimental más conocido en buceo de saturación de la Marina de E. U. fue el programa Sealab.

1-4.3.5.1 **Sealab I y II.** Después de realizar el proyecto Géminis, la Oficina de Investigaciones Navales, el Laboratorio de Defensa y Minas de la Marina y el pequeño grupo de voluntarios del Dr. Bond se reunieron en Panamá City, Florida, donde comenzó la construcción y pruebas del hábitat *Sealab I* en Diciembre de 1963.

En 1964, el Sealab I colocó 4 hombres por 10 días a una profundidad promedio de 192 fsw. Eventualmente el hábitat era subido a 81fsw, en donde los buzos eran transferidos a una cámara de descompresión que era izada a bordo de una estructura de soporte costa fuera de 4 patas.

En 1965, el Sealab II puso 3 equipos de 10 hombres cada uno en un hábitat a 205 fsw. Cada equipo permaneció 15 días a profundidad y un hombre, el astronauta Scott Carpenter, duró 30 días (Figura 1-17).

1-4.3.5.2 **Sealab III.** El siguiente experimento en el lecho marino, Sealab III, fue planeado para 600 fsw. Esta gran empresa no solo requirió de extensos desarrollos y pruebas de equipos sino también pruebas de tolerancias humanas en ambientes de alta presión.

Para prepararse para el Sealab III, se realizaron 28 buceos de saturación con HeO₂ en el NEDU a profundidades de 825 fsw entre 1965 y 1968. En 1968, se rompió el récord en un buceo de excursión a 1025 fsw desde una profundidad de saturación de 825 fsw en el NEDU. La culminación de esta serie de buceos fue a 1000 fsw, tres días de buceo de saturación hechos conjuntamente por la Marina de E. U. y la Universidad de Duke en las cámaras hiperbáricas de la misma universidad. Esta fue la primera vez que el hombre estuvo saturado a 1000 fsw. Los experimentos de preparación del *Sealab III* mostraron que el hombre podría rápidamente realizar trabajos útiles a una presión de hasta 31 atmósferas y podría ser regresado a la presión normal sin daños.

Alcanzar la gran profundidad intentada para el hábitat del *Sealab III* necesitó apoyo altamente especializado, incluyendo una campana de buceo para transportar a los buzos bajo presión desde el hábitat hasta la cámara de descompresión en cubierta presurizada. Sin embargo, el experimento fue estropeado por la tragedia. Poco después de ser comprimido a 600 pies en Febrero de 1969, el buzo Barry Cannon se convulsionó y se ahogó. Este desgraciado accidente finalizó la participación de la Marina en los hábitat en el lecho marino.

1-4.3.5.3 **Continuación de las Investigaciones.** Las investigaciones y el desarrollo continúa para extender el límite de profundidad para el buceo de saturación y mejorar la capacidad del

buzo. El buceo más profundo obtenido por la Marina de E. U. hasta la fecha fue en 1979 cuando unos buzos del NEDU completaron un buceo a 1800 fsw durante 37 días en las Instalaciones de Simulación Oceánica (OSF). El récord mundial de profundidad para saturación experimental, obtenido en la Universidad de Duke en 1981, es de 2250 fsw, y buzos que no pertenecen a la Marina han realizado buceos en mar abierto a más de 2300 fsw. Se han iniciado experimentos con mezcla de hidrógeno, helio, y oxígeno y el éxito de estas mezclas se demostró en 1988 durante un buceo en mar abierto a 1650 fsw.

Están siendo desarrolladas técnicas avanzadas de buceo de saturación en programas en marcha de investigación y desarrollo en el NEDU, en el Laboratorio de Investigación Médica Submarina de la Marina (NSMRL), y en muchas instalaciones hiperbáricas institucionales y comerciales. Además, el buceo de saturación usando Sistemas de Buceo Profundo (DDS) es ahora una capacidad probada.

1-4.4

Sistemas de Buceo Profundo (DDS). Los experimentos en técnicas de saturación han requerido un sustancial apoyo de superficie así como de un extenso equipo subacuático. Los DDS son una mejora sustancial sobre cualquier método previo para realizar trabajo bajo el mar. El DDS es fácilmente adaptable a las técnicas de saturación y proporciona seguridad para mantener a los buzos saturados bajo presión en un ambiente seco. Ya sea que se use para buceo de saturación ó no-saturación, el Sistema de Buceo Profundo elimina totalmente la necesidad de largos períodos de descompresión en el agua donde el buzo está sujeto a gran tensión ocasionada por el ambiente. El buzo solamente se mantiene en el mar por el tiempo utilizado en un trabajo dado. Los beneficios adicionales derivados del uso del DDS incluyen la eliminación de la necesidad de hábitat submarinos e incrementan la flexibilidad operacional para los barcos de soporte de superficie.

El Sistema de Buceo Profundo consiste de una Cámara de Descompresión en Cubierta (DDC) montada sobre un barco de soporte en superficie. Una Cápsula de Transferencia de Personal (PTC) ó campana es acoplada a la DDC, y esta combinación es presurizada a una profundidad de vivienda. Dos o más buzos entran a la PTC, la cual es desacoplada y bajada a la profundidad de trabajo. El interior de la cápsula es presurizado para igualar la presión de esta profundidad, se abre una escotilla, y uno o más buzos nadan fuera para realizar su trabajo. Los buzos pueden usar un aparato de respiración autónomo con una línea de seguridad a la campana, ó emplear una máscara y un umbilical que les proporciona gas de



Figura 1-17. Sealab II.

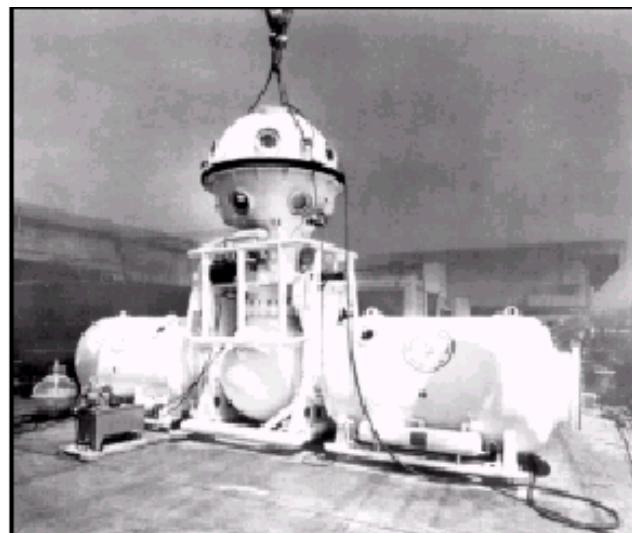


Figura 1-18. SDS450, Primer DDS de la Marina de E. U.

respiración y comunicación. Una vez que su tarea es finalizada, los buzos entran a la cápsula o campana, cierran la escotilla y retornan al barco soporte con el interior de la PTC aún a la presión de trabajo. La campana es izada abordo y acoplada a la DDC presurizada. Los buzos entran a la DDC, más grande y confortable a través de un compartimiento de entrada. Ellos se mantienen en la DDC hasta que deban retornar al sitio de trabajo submarino. La descompresión es llevada a cabo de manera segura y confortable en el barco soporte.

La Marina desarrolló cuatro sistemas de buceo profundo: el ADS-IV, MK 1 MOD 0, MK 2 MOD 0, y el MK 2 MOD 1.

1-4.4.1

ADS-IV. Varios años antes de los experimentos Sealab I, la Marina colocó exitosamente el Sistema de Buceo Avanzado IV (ADS-IV) (Figura 1-18). El ADS-IV era un pequeño sistema de buceo profundo con una capacidad de profundidad de 450 fsw. El ADS-IV después fue llamado SDS-450.

1-4.4.2

MK 1 MOD 0. El DDS MK 1 MOD 0 fue un pequeño sistema con la intención de usarlo en los nuevos barcos de salvamento tipo ATS-1, y aguantó una evaluación operacional en 1970. El DDS consistía de una Cápsula de Transferencia de Personal (PTC) (Figura 1-19), un sistema de soporte de vida, una consola principal de control y dos cámaras de descompresión en cubierta para manejar dos grupos de dos buzos cada uno. Este sistema también fue usado para evaluar operacionalmente el UBA MK 11, un aparato para mezcla de gases con circuito semi-cerrado, para buceo de saturación. El MK 1 MOD 0 realizó un buceo en mar abierto a 1148 fsw en 1975. El DDS MK 1 no fue instalado en los barcos ATS como se planeó originalmente, sino que fue colocado en una barcaza y asignado a la Unidad Dos de Clearance Harbor. El sistema salió de servicio en 1977.

1-4.4.3

MK 2 MOD 0. El experimento Sealab III requirió un sistema de buceo profundo mucho más grande y más capaz que el MK 1 MOD 0. El MK 2 MOD 0 fue construido e instalado en el barco de soporte *Elk River* (IX-501). Con este sistema, los buzos podrían ser saturados en una cámara en cubierta bajo una observación cercana y entonces ser transportados al hábitat para su estadía en la profundidad o podrían ser alternados entre la cámara en cubierta y el lecho marino mientras trabajaban en el exterior del hábitat. La campana también podría ser usada



Figura 1-19. Cápsula de Transferencia de Personal del DDS MK 1.



Figura 1-20. Sistema de Manejo de la PTC, *Elk River*.

en el modo de observación atmosférica o sin presurizar. Los buzos serían transportados desde el hábitat a la cámara de descompresión en cubierta, donde podría tomar lugar la descompresión final bajo una estrecha observación.

- 1-4.4.4** **MK 2 MOD 1.** La experiencia ganada con el DDS MK 2 MOD 0 a bordo del *Elk River* (IX-501) (Figura 1-20) llevó al desarrollo del MK 2 MOD 1, un DDS más grande y sofisticado. El DDS MK 2 MOD 1 soporta dos grupos de 4 hombres para buceos de saturación largos con una capacidad normal de profundidad de 850 fsw. El complejo de buceo consiste de dos sistemas completos, uno en estribor y el otro en babor. Cada sistema tenía una DDC con un sistema de soporte de vida, una PTC, una consola principal de control, un cable de comunicación-energía-fuerza (SPCC) y un barco de soporte. Los dos sistemas compartían un sistema de recuperación de helio. El DDS MK 2 fue instalado en los barcos de rescate submarino Clase ASR 21.

1-5 RESCATE Y SALVAMENTO SUBMARINO

Al inicio del siglo 20, todas las grandes Marinas voltearon su atención hacia el desarrollo de un arma de un potencial inmenso – el submarino militar. El uso altamente efectivo del submarino por la Marina Alemana en la 1^a Guerra Mundial agrandó su interés y se puso tal énfasis en el submarino que continua hoy en día.

La Marina de E. U. estuvo operando submarinos en una limitada base por varios años antes de 1900. Conforme se expandió la tecnología americana, creció rápidamente la flota de submarinos de E. U. Sin embargo, a través del período de 1912 a 1939, el desarrollo de los botes clase F, H, y S de la Marina estuvieron ligados a un a serie de accidentes, colisiones, y hundimientos. Varios de estos desastres submarinos dieron como resultado el crecimiento correspondientemente rápido de la capacidad de buceo de la Marina.

Hasta 1912, los buzos de la Marina de E. U. raramente fueron por debajo de los 60 fsw. En ese año, el Jefe de Artilleros George D. Stillson organizó un programa para probar las tablas de buceo de Haldane y los métodos de descompresión por etapas. Una meta acompañante del programa fue mejorar el equipo de buceo de la Marina. Durante un período de 3 años, primero buceando en tanques en tierra y luego en aguas abiertas en la sonda de Long Island desde el USS Walkie, los buzos de la Marina llegaron progresivamente más profundo, alcanzando eventualmente 274 fsw.

- 1-5.1** **USS F-4.** La experiencia ganada en el programa de Stillson fue puesta en uso dramático en 1915 cuando el submarino USS F-4 se hundió cerca de Honolulu, Hawaii. 21 hombres perdieron la vida en el accidente y la Marina perdió su primer barco en 15 años de operaciones submarinas. Los buzos de la Marina rescataron el submarino y recuperaron los cuerpos de la tripulación. El esfuerzo del salvamento incorporó muchas técnicas nuevas, tales como el uso de pontones para levantamiento. No obstante, lo que fue más notable, fue que los buzos realizaron el mayor esfuerzo de salvamento trabajando a la profundidad extrema de 304 fsw, usando aire como mezcla respiratoria. Los requerimientos de descompresión limitaron el tiempo de fondo para cada buceo a 10 minutos. Aun con tiempo tan limitado, la narcosis nitrogénica hizo difícil que los buzos se concentraran en su trabajo.

La publicación del primer Manual de Buceo de la Marina de E. U. y el establecimiento de una Escuela de Buceo de la Marina en Newport, Rhode Island, fue el resultado directo de la experiencia ganada en el programa de prueba y en el salvamento del USS F-4. Cuando E. U. entró en la 1^a Guerra Mundial, los instructores y graduados de la escuela fueron enviados a Europa, donde ellos realizaron diversas operaciones de salvamento a lo largo de la costa francesa.

- 1-5.2** **USS S-51.** En Septiembre de 1925, el submarino USS S-51, fue golpeado por un barco de pasajeros y hundido en 132 fsw fuera de Block Island, Rhode Island. La presión pública para

subir el submarino y recuperar los cuerpos de la tripulación fue intensa. El buceo de la Marina era puesto en foco, y esta se dio cuenta que solamente tenía 20 buzos que habían sido calificados para ir a más de 90 fsw de profundidad. Los programas de entrenamiento de buceo habían sido cortados al final de la 1^a Guerra Mundial y la escuela no había sido reinstituida.

El salvamento del USS S-51 tardó 10 meses de difícil y peligroso buceo, y un curso de entrenamiento para buzos especialistas fue parte de la operación. Finalmente el submarino fue sacado y llevado al Astillero Naval de Brooklyn en Nueva York.

El interés en el buceo fue alto otra vez y la Escuela Naval de Salvamento y Buceo fue restablecida en el Astillero Naval de Washington en 1927. Al mismo tiempo, la Marina unió su tecnología de buceo existente y el trabajo experimental trasladando la Unidad de Buceo Experimental (EDU), la cual había estado trabajando con la Oficina de Minas en Penssylvania, también al Astillero Naval. En los años siguientes, la EDU desarrolló las Tablas de Descompresión con Aire de la Marina de E. U., las cuales han llegado a ser aceptadas como estándar mundialmente, y continuó desarrollando trabajos con mezclas de respiración con HeO₂ para buceos profundos.

La pérdida del USS F-4 y el USS S-51 proporcionó el ímpetu para la expansión de la habilidad de buceo de la Marina. Sin embargo, la incapacidad de la Marina para rescatar hombres atrapados en un submarino inhabilitado no fue confrontada hasta que ocurrió otro desastre submarino mayor.

- 1-5.3 USS S-4.** En 1927, la Marina perdió el submarino USS S-4 en una colisión con el barco guardacostas USS *Paulding*. Los primeros buzos en alcanzar el submarino a 102 fsw, 22 horas después del hundimiento, intercambiaron señales con los hombres atrapados adentro. El submarino tenía una conexión diseñada para tomar una manguera de aire de la superficie, pero lo que parecía factible en teoría resultó demasiado difícil en realidad. Con un mar tormentoso causando repetidos retrasos, los buzos no pudieron hacer la conexión de la manguera hasta que fue demasiado tarde. Todos los hombres a bordo del USS S-4 habían muerto. Aunque la conexión de la manguera hubiera sido hecha a tiempo, el rescate de la tripulación hubiera planteado un problema significativo.

El USS S-4 fue salvado después de grandes esfuerzos y el destino de la tripulación estimuló diferentes esfuerzos para prevenir un desastre similar. El Teniente C. B. Momsen, un Oficial de submarino, desarrolló el pulmón de escape que lleva su nombre. Su primer prueba operacional fue en 1929 cuando 26 oficiales y hombres fueron llevados a superficie exitosamente desde un submarino puesto intencionalmente en el fondo.

- 1-5.4 USS *Squalus*.** La Marina estimuló el desarrollo de una cámara de rescate que fue esencialmente una campana de buceo con accesorios especiales para conectarse a una escotilla de la cubierta de un submarino. El aparato, llamado la cámara de rescate de McCann-Erickson, fue probado en 1939 cuando el USS *Squalus*, llevando 50 tripulantes, se hundió en 243 fsw. La cámara de rescate hizo cuatro travesías y llevó 33 hombres a la superficie en forma segura. (El resto de la tripulación, atrapados en una sección posterior inundada del submarino, perecieron en el hundimiento).

El USS *Squalus* fue sacado por los buzos de salvamento (Figura 1-21). Esta operación de salvamento y rescate marcó el primer uso operacional del HeO₂ en el buceo de salvamento. Una de las primeras misiones de los buzos de salvamento fue acoplar un cable para la Cámara de Rescate Submarino (SRC). Después de su renovación, el submarino, rebautizado como USS *Sailfish*, recopiló un orgulloso récord en la 2^a Guerra Mundial.

- 1-5.5 USS *Thresher*.** Justo como la pérdida del USS F-4, del USS S-51, del USS S-4 y del hundimiento del USS *Squalus* causó un incremento en el interés del buceo en la Marina en

los años 20s y 30s, un desastre submarino de mayores proporciones tuvo un profundo efecto en el desarrollo de nuevos equipos y técnicas de buceo en el período de la posguerra. Este fue la pérdida del submarino de ataque nuclear USS *Thresher* y toda su tripulación en Abril de 1963. El submarino se hundió en 8400 fsw, una profundidad más allá del límite de supervivencia del casco y muy lejos de la capacidad de cualquier aparato de rescate existente.

Se inició una búsqueda intensiva para localizar el submarino y determinar la causa del hundimiento. Los primeros signos del USS *Thresher* fueron localizados y fotografiados un mes después del desastre. La recolección de escombros y reportajes fotográficos del naufragio continuó por algunos años.

Como resultado del hundimiento se formaron dos grupos especiales de estudio. El primero fue una Corte de Investigación, la cual atribuyó como probable causa una falla en el sistema de tuberías. El segundo, el Grupo de Revisión de Inmersiones Profundas (DSRG), fue formado para evaluar las capacidades bajo el mar de la Marina. Fueron examinadas cuatro áreas generales – búsqueda, rescate, recuperación de pequeños y grandes objetos, y el concepto de Hombre en el Mar. Las recomendaciones básicas del DSRG clamaron por un vasto esfuerzo para mejorar las capacidades de la Marina en estas cuatro áreas.

1-5.6

Proyecto Sistemas de Inmersión Profunda. La acción directa sobre las recomendaciones del DSRG vino con la formación del Proyecto de Sistemas de Inmersión Profunda (DSSP) en 1964 y un interés extenso tocante al buceo y actividades submarinas en toda la Marina.

Las capacidades de rescate submarino han sido mejoradas substancialmente con el desarrollo de los Vehículos de Rescate de Inmersión Profunda (DSRV) los cuales empezaron operacionalmente en 1972. Esta embarcación de buceo profundo es aerotransportable, altamente instrumentada, y capaz de hacer buceos a 5000 fsw y rescates a 2500 fsw.

Tres importantes áreas adicionales de alcance para el Proyecto de Sistemas de Inmersión Profunda han sido el Buceo de Saturación, el desarrollo de Sistemas de Buceo Profundo, y el progreso y avance en el diseño de equipos de buceo.



Figura 1-21. Recuperación del *Squalus*.

1-6 BUCEO DE SALVAMENTO

1-6.1 La Era de la 2^a Guerra Mundial.

1-6.1.1 **Pearl Harbor.** Los buzos de la Marina fueron inmersos en la guerra con la incursión japonesa de Pearl Harbor. La incursión inició a las 07:55 del 7 de Diciembre de 1941; por las 09:15 de la misma mañana, el primer grupo de salvamento estaba cortando a través del casco del acorazado volcado USS *Oklahoma* para rescatar a los marinos atrapados. Grupos de buzos trabajaron para recuperar municiones de los almacenes de los barcos hundidos, para estar listos en caso de un segundo ataque.

El inmenso esfuerzo de salvamento que siguió a Pearl Harbor fue altamente exitoso. La mayoría de los 101 barcos en el puerto en el momento del ataque sufrió daño. Los acorazados, unos de los objetivos primarios de la incursión, fueron dañados más duro. Seis acorazados fueron hundidos y uno fue duramente dañado. Cuatro fueron salvados y regresados a la flota para combatir; los acorazados USS *Arizona* y USS *Utah* no pudieron ser salvados. El USS *Oklahoma* fue enderezado y reflotado pero se hundió en ruta a un astillero en E. U.

Los acorazados no fueron los únicos barcos salvados. Durante 1942 y parte de 1943, los buzos de la Marina trabajaron sobre destructores, barcos abastecedores y otros barcos malamente necesitados, a menudo usando aparatos provisionales para aguas poco profundas dentro de compartimentos llenos de agua y combustible. En los esfuerzos de Pearl Harbor, los buzos de la Marina utilizaron 16,000 horas bajo el agua durante 4,000 buceos. Buzos civiles contribuyeron con otras 4,000 horas de buceo.

1-6.1.2 **USS Lafayette.** Mientras los buzos en el Pacífico estaban trabajando duro en Pearl Harbor, se presentó un desafío más grande para los buzos de la Costa Este. El barco de pasajeros francés *Normandie* (rebautizado como el USS *Lafayette*) prendió fuego al lado del muelle 88 de la Ciudad de Nueva York. Perdiendo estabilidad por las toneladas de agua vertida sobre el fuego, el barco zozobró en su atracadero.

El barco tuvo que ser salvado para liberar el muelle vitalmente necesario. La Marina tomó ventaja de esta única oportunidad para entrenamiento instituyendo una nueva escuela de buceo y salvamento en ese sitio. La Escuela de Entrenamiento Naval (Salvamento) fue establecida en Septiembre de 1942 y fue transferida a Bayonne, Nueva Jersey en 1946.

1-6.1.3 **Otros Trabajos de Buceo.** Las operaciones de salvamento no fueron los únicos trabajos asignados a los buzos de la Marina durante la guerra. Se hicieron muchos buceos para inspeccionar barcos enemigos hundidos y para recuperar materiales tales como libros de códigos u otros artículos de inteligencia. Un crucero japonés cedió no solo \$500,000 dólares en Yens, sino también proporcionó valiosa información concerniente a los planes para la defensa de Japón contra la anticipada invasión aliada.

1-6.2 **La Era Vietnam.** La Unidad de Despeje de Puerto 1 (HCU 1) fue comisionada el 1 de Febrero de 1966 para proporcionar capacidad de salvamento en apoyo directo a las operaciones de combate en Vietnam. Establecida en la Base Naval de la Bahía Subic, Filipinas, la HCU 1 se dedicó principalmente a restablecer las condiciones navegables de los ríos y puertos después de su pérdida o disminución por usarlas durante las acciones de combate.

Iniciando como un pequeño grupo de personal, la HCU 1 creció rápidamente en número a más 260 personas, conforme se intensificaron las operaciones de combate en el litoral. Como su punto máximo, la unidad consistió de cinco equipos de Despeje de Puerto de 20 a 22 personas cada uno y una variada armada de naves especializadas dentro de la zona de combate en Vietnam.

Como sus predecesores de la 2^a Guerra Mundial antes que ellos, los rescatistas de la HUC 1 dejaron un legado impresionante de salvamentos de combate realizados. La HCU 1 rescató cientos de pequeñas naves, barcazas, y aeronaves derribadas; pusieron a flote muchos barcos varados mercantes y militares de E. U.; despejaron muelles obstruidos, canales de navegación, y puentes; y realizaron numerosas reparaciones bajo el agua a barcos operando en la zona de combate.

A través de la colorida historia de la HCU 1 y su hermana en la Costa Este la HCU 2, el papel vital que jugaron las fuerzas de salvamento en las operaciones de combate en el litoral fue claramente demostrado. La Unidad Mobil de Buceo y Salvamento 1 y 2, descendientes modernos de las Unidades de Despeje de Puertos de la época de Vietnam, tienen una orgullosa y distinguida historia de operaciones de combate y salvamento.

1-7 REGISTROS DE BUCEO PROFUNDO EN MAR ABIERTO

Récords de buceo que han sido establecidos y rotos con creciente regularidad desde principios de los años 1900s:

- **1915.** La marca de 300 fsw fue rebasada. Tres buzos de la Marina de E. U., F. Crilley, W. F. Loughman, y F. C. Nielson, alcanzaron 304 fsw usando el equipo MK V.
- **1972.** El DDS MK 2 MOD 0 impuso un récord en el agua de 1,010 fsw.
- **1975.** Buzos usando el Sistema de Buceo Profundo MK 1 descendieron a 1,148 fsw.
- **1977.** Un equipo de buceo Francés rompió el récord en mar abierto con 1,643 fsw.
- **1981.** La operación de salvamento más profunda hecha con buzos fue en 803 fsw cuando buzos Ingleses recuperaron 431 lingotes de oro del naufragio del HMS Edinburgh, hundido durante la 2^a Guerra Mundial.
- **Presente.** Operaciones de buceo comercial en aguas abiertas a más de 1,000 fsw.

1-8 RESUMEN

Durante la evolución del buceo, desde los primitivos buzos de apnea buscadores de esponjas a los modernos buzos de saturación, la razón básica para bucear no ha cambiado. La necesidad de defensa nacional, el comercio y la ciencia continúan proporcionando las bases fundamentales para el desarrollo del buceo. Lo que ha cambiado y continúa cambiando radicalmente es la tecnología del buceo.

Cada persona que se prepare para un buceo tiene la oportunidad y la obligación de tomar consigo el conocimiento de sus predecesores que fue obtenido a través de difíciles y peligrosas experiencias. El buzo moderno debe tener un amplio entendimiento de las propiedades físicas del ambiente submarino y un detallado conocimiento de su propia fisiología y como esta es afectada por el medio ambiente. Los buzos deben aprender a adaptarse a las condiciones ambientales para que puedan llevar a cabo sus trabajos de manera exitosa.

Mucha de la educación práctica de los buzos vendrá de la experiencia. Sin embargo, antes de que pueda tener esta experiencia, debe construir un fundamento básico de ciertos principios de física, química y fisiología y debe entender la aplicación de estos principios para la profesión del buceo.

Página en blanco intencionalmente

CAPITULO 2

Física Subacuática

2-1 INTRODUCCION

- 2-1.1** **Objetivo.** Este capítulo describe las leyes de física y como afectan a los humanos en el agua.
- 2-1.2** **Alcance.** Es esencial un completo entendimiento del principio que se perfila en este capítulo para realizar el buceo de manera segura y efectiva.

2-2 FISICA

Los humanos están preparados para funcionar dentro de una angosta capa atmosférica presente en la superficie de la tierra y raramente se preocupan de los requerimientos de supervivencia. En el exterior de los límites de esta capa, el medio ambiente es hostil y nuestra existencia depende de nuestra habilidad para contrarrestar las fuerzas amenazadoras. Para funcionar de manera segura, los buzos deben entender las características del medio ambiente submarino y las técnicas que pueden ser usadas para modificar sus efectos. Para lograr esto, un buzo debe tener los conocimientos básicos de física – la ciencia de la materia y la energía. De particular importancia para el buzo es el comportamiento de los gases, los principios de flotabilidad y las propiedades del calor, luz y sonido.

2-3 MATERIA

Materia es cualquier cosa que ocupa un lugar en el espacio y tiene masa, y es la base del mundo físico. Se requiere de energía para causar que la materia cambie la dirección o velocidad. El buzo, el suministro de aire del buzo, cualquier cosa que lo apoye y el medio ambiente que lo rodea está compuesto de materia.

- 2-3.1** **Elementos.** Un *elemento* es la forma más simple de la materia que exhibe distintas propiedades físicas y químicas. Un elemento no puede dividirse en otro de forma más básica por medios químicos. Los científicos han identificado más de 100 elementos en el universo físico. Los elementos se combinan para formar las más de cuatro millones de formas conocidas por el hombre.
- 2-3.2** **Atomos.** El *átomo* es la partícula más pequeña de la materia que lleva las propiedades específicas de un elemento. Los átomos están hechos de partículas cargadas eléctricamente conocidas como protones, neutrones, y electrones. Los protones tienen una carga positiva, los neutrones tienen una carga neutra, y los electrones tienen una carga negativa.
- 2-3.3** **Moléculas.** Las *moléculas* son formadas cuando se agrupan los átomos (Figura 2-1). Usualmente las moléculas exhiben propiedades diferentes de las de cualquiera de los átomos que la forman. Por ejemplo, cuando dos átomos de hidrógeno se combinan con un átomo de oxígeno, se forma una nueva sustancia – agua. Algunas moléculas son activas y tratan de combinarse con muchas otras de las moléculas que las rodean. Otras son inertes y no se combinan naturalmente con otras sustancias. La presencia de elementos inertes en mezclas respiratorias es importante cuando se calculan las obligaciones de descompresión del buzo.
- 2-3.4** **Los Tres Estados de la Materia.** La materia puede existir en uno de los tres estados naturales: sólido, líquido o gaseoso (Figura 2-2). Un sólido tiene forma y tamaño definido. Un líquido tiene un volumen definido, pero toma la forma del recipiente que lo contiene. El gas no tiene ni forma ni volumen definidos, pero se expandirá para llenar un recipiente. Los gases y líquidos son referidos colectivamente como fluidos.

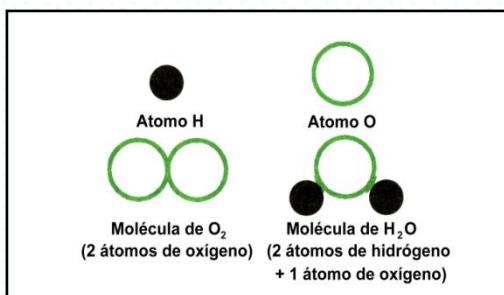


Figura 2-1. Moléculas. Dos átomos iguales se combinan para formar una molécula de oxígeno mientras los átomos de dos elementos diferentes, hidrógeno y oxígeno, se combinan para formar una molécula de agua.

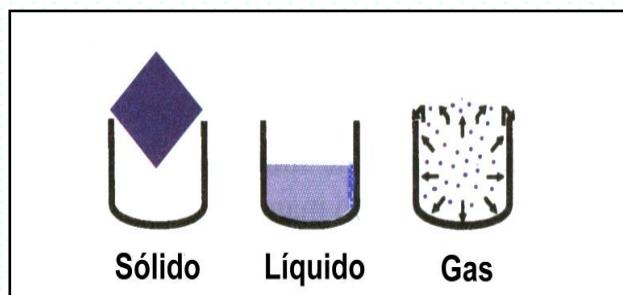


Figura 2-2. Los Tres Estados de la Materia.

El estado físico de una sustancia depende principalmente de la temperatura y parcialmente de la presión. El estado sólido es el estado más frío de los tres, con sus moléculas rígidamente alineadas en patrones fijos. Las moléculas se mueven, pero su movimiento es como una vibración constante. Conforme se añade temperatura las moléculas incrementan su movimiento, deslizándose aparte unas de otras y moviéndose en derredor; los sólidos se convierten en líquidos. Algunas de las moléculas dejarán espontáneamente la superficie del líquido y se convierten en gas. Cuando la sustancia alcanza su punto de ebullición, las moléculas se mueven muy rápidamente en todas direcciones y el líquido se transforma rápidamente en gas. Bajando la temperatura se revierte la secuencia. Conforme las moléculas de gas se enfrián, su movimiento se reduce y el gas se condensa y se convierte en líquido. Conforme la temperatura continúa cayendo, el líquido alcanza el punto de congelación y retorna al estado sólido.

2-4 MEDIDAS

La física descansa pesadamente sobre sus estándares de comparación de un estado de la materia o energía a otro. Para aplicar los principios de la física, los buzos deben ser capaces de utilizar una variedad de unidades de medida.

2-4.1 Sistemas de Medidas. A través del mundo dos son los sistemas de medidas ampliamente utilizados. Aunque el Sistema Inglés es usado comúnmente en los Estados Unidos, el sistema de medidas más común en el mundo es el Sistema Internacional de Unidades. El Sistema Internacional de Unidades, o sistema *SI*, es un sistema métrico modernizado diseñado en 1960 por la Conferencia General de Pesos y Medidas. El sistema SI es de base decimal con todas sus unidades relacionadas, así que no es necesario utilizar cálculos para cambiar de una unidad a otra. El sistema SI cambia una de sus unidades de medida a otra moviendo el punto decimal, más que por largos cálculos necesarios en el Sistema Inglés. Debido a que las medidas a menudo son reportadas en el sistema Inglés, es importante ser hábil para convertirlas a unidades SI. Las medidas pueden convertirse de un sistema a otro usando los factores de conversión en las Tablas 2-10 a 2-18.

2-4.2 Medidas de Temperatura. Mientras que el Sistema Inglés de pesos y medidas emplean la escala de temperatura Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), la escala Celsius ($^{\circ}\text{C}$) es la escala más usada comúnmente en el trabajo científico. Ambas escalas están basadas en los puntos de congelación y ebullición del agua. El punto de congelación del agua es 32°F ó 0°C ; el punto de ebullición del agua es 212°F ó 100°C . Las cartas y fórmulas de conversión de temperatura se encuentran en la Tabla 2-18.

Los valores de temperatura absoluta son utilizados cuando se emplean las leyes de gases ideales. Las escalas de temperatura absoluta se basan en el cero absoluto. El cero absoluto es la temperatura más baja que podría ser alcanzada posiblemente en la cual cesaría todo el movimiento molecular (Figura 2-3).

2-4.2.1

Escala Kelvin. Un ejemplo de una escala de temperatura absoluta es la escala Kelvin, la cual tiene la misma medida de grados que la escala Celsius. El punto de congelación del agua es 273°K y el punto de ebullición del agua es 373°K. Use esta fórmula para convertir de Celsius a temperatura absoluta (grados Kelvin, °K):

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

2-4.2.2

Escala Rankine. La escala Rankine es otra escala de temperatura absoluta, la cual tiene la misma medida de grados que la escala Fahrenheit. El punto de congelación del agua es 492°R y el punto de ebullición del agua es 672°R. Use esta fórmula para convertir de Fahrenheit a temperatura absoluta (grados Rankine, °R):

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$$

2-4.3

Medidas de Gas. Cuando se está midiendo gas, la medida pies cúbicos reales (acf) de gas se refiere a la cantidad de un gas medido a condiciones ambiente. La unidad de medida más común para gas en los Estados Unidos es pies cúbicos estándar (scf). Los pies cúbicos estándar relacionan la cantidad medida de un gas bajo presión a una condición específica. La condición específica es una base común de comparación. Para el aire, los pies cúbicos estándar son medidos a 60°F y 14.696 psia.

2-5 ENERGIA

Energía es la capacidad para hacer trabajo. Los 6 tipos básicos de energía son mecánica, calórica, luminosa, química, electromagnética, y nuclear, y pueden aparecer en una variedad de formas (Figura 2-4). La energía es un vasto y complejo aspecto de la física más allá del alcance de este manual. Consecuentemente, este capítulo solamente cubre algunos aspectos de energía luminosa, calórica y mecánica debido a sus inusuales efectos bajo el agua y su impacto en el buceo.

2-5.1

Conservación de la Energía. La Ley de la Conservación de la Energía, formulada en los años 1840s, establece que la energía en el universo no puede ser creada ni destruida. La Energía puede ser cambiada, no obstante, de una forma a otra.

2-5.2

Clasificaciones de Energía. Las dos clasificaciones generales de energía son energía potencial y energía cinética. La energía potencial es la poseída por un objeto como resultado de su posición. Un automóvil estacionado sobre una colina con los frenos puestos posee energía potencial. La energía cinética es energía en movimiento. Un automóvil rodando en un camino plano posee energía cinética mientras está en movimiento.

2-6 ENERGIA LUMINOSA EN EL BUCEO

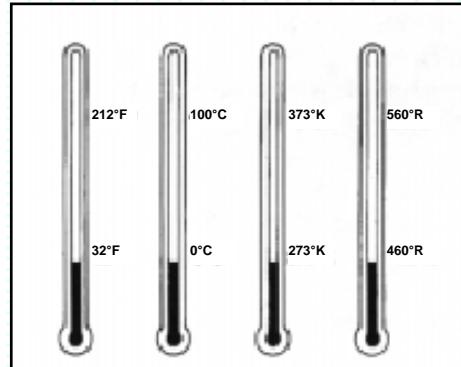


Figura 2-3. Escalas de Temperatura. Escalas de temperaturas Fahrenheit, Celsius, Kelvin y Rankine mostrando los puntos de ebullición y congelamiento del agua.

La refracción, turbidez del agua, salinidad y contaminación contribuyen a la percepción de la distancia, tamaño, forma y color de los objetos bajo el agua. Los buzos deben entender los factores que afectan la percepción visual bajo el agua y deben darse cuenta que es muy probable que la percepción de la distancia sea imprecisa.

2-6.1

Refracción. La luz que viaja desde un objeto se dobla conforme atraviesa la mirilla del casco o máscara del buzo y el aire que hay dentro (Figura 2-5). Este fenómeno es llamado

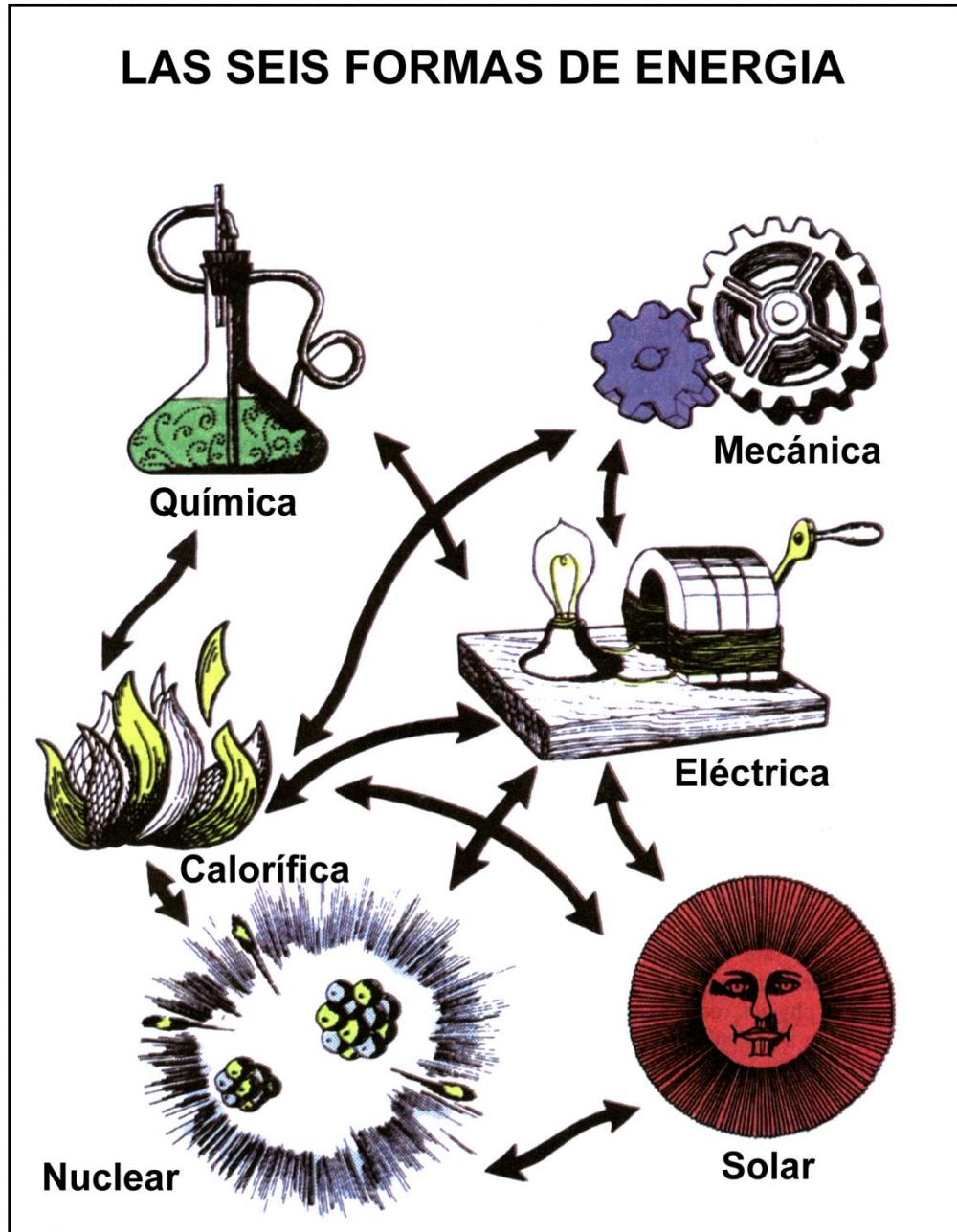


Figura 2-4. Las Seis Formas de Energía.

refracción y ocurre debido a que la luz viaja más rápido en el aire que en el agua. Aunque la

refracción que ocurre entre el agua y el aire en la máscara del buzo produce percepciones indeseables e inexactas, el aire es esencial para la visión. Cuando un buzo pierde su máscara, sus ojos quedan inmersos en el agua, la cual tiene alrededor del mismo índice de refracción que el ojo. Consecuentemente, la luz no se enfoca normalmente y la visión del buzo se reduce a un nivel que sería clasificado como legalmente ciego en la superficie.

La refracción puede hacer que los objetos aparezcan más cerca de lo que realmente están. Un objeto distante parecerá estar aproximadamente a tres cuartos de su distancia real. A mayores distancias, los efectos de refracción pueden ser invertidos, haciendo que los objetos parezcan estar más lejos de lo que realmente están. La reducción del contraste y brillantez se combina con la refracción para afectar la relación de la distancia visual.

La refracción también puede afectar la percepción de la forma y tamaño. Generalmente, los objetos bajo el agua parecen ser alrededor del 30% más grandes de lo que realmente son. Los efectos de la refracción son mayores para objetos a un lado del campo de visión. Esta distorsión interfiere con la coordinación entre el ojo y la mano y explica por qué, para el buzo, es difícil algunas veces tomar objetos bajo el agua. La experiencia y el entrenamiento pueden ayudar que un buzo aprenda a compensar la mala interpretación del tamaño, distancia y forma causada por la refracción.

2-6.2

Turbidez del Agua. La turbidez también puede influenciar profundamente la visión bajo el agua y la percepción de la distancia. Entre más turbia esté el agua, es menor la distancia a la cual ocurre la reversión de la subestimación a la sobreestimación. Por ejemplo, en agua altamente turbia, la distancia de objetos a 3 ó 4 pies puede ser sobreestimada; en agua moderadamente turbia, el cambio pudiera ocurrir de 20 a 25 pies y en agua muy clara, los objetos tan lejanos como de 50 a 70 pies pudieran aparecer más cerca de lo que realmente están y entre más turbia sea el agua, mayor es la tendencia a verlos más lejos.

2-6.3

Difusión. La dispersión de la luz es intensificada bajo el agua. Los rayos de luz están difusos y dispersos por las moléculas de agua y las partículas de materia. A veces la difusión ayuda porque la luz se dispersa en áreas que de otra manera estarían en la sombra o no tendrían iluminación. Normalmente, sin embargo, la difusión interfiere con la visión y fotografía subacuática porque la dispersión trasera reduce el contraste entre un objeto y su fondo. La pérdida de contraste es la mayor razón por la que la visión bajo el agua es mucho más restringida que en el aire. Similares grados de distorsión ocurren en el aire solamente en condiciones inusuales tales como la niebla y humo espeso.

2-6.4

Visibilidad de los Colores. El tamaño y distancia de los objetos no son las únicas características distorsionadas bajo el agua. Una variedad de factores se puede combinar para alterar la percepción del color por parte del buzo. Pintar objetos de diferentes colores es un medio obvio para cambiar su visibilidad realzando su contraste con el ambiente alrededor o camuflándolos para confundirlos con el fondo. El determinar que colores son más y menos visibles es mucho más complicado bajo el agua que en el aire.

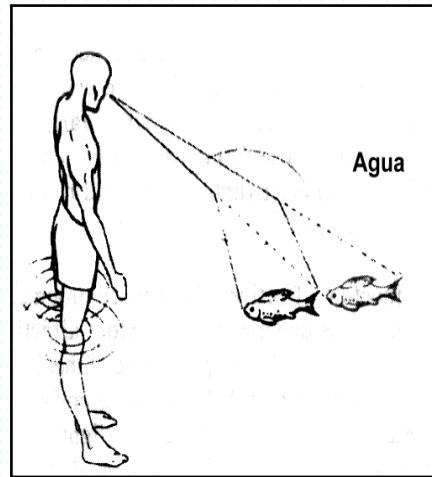


Figura 2-5. Los Objetos bajo el Agua Aparecen más Cerca.

Los colores son filtrados fuera de la luz conforme entran al agua y viajan a la profundidad. La luz roja es filtrada en profundidades relativamente bajas. El color naranja es el siguiente en ser filtrado, seguido por el amarillo, verde y después al azul. La profundidad del agua no es el único factor que afecta la filtración de los colores. La salinidad, turbidez, tamaño de partículas suspendidas en el agua y la contaminación afectan las propiedades del agua para filtrar los colores. Los cambios de color varían de un cuerpo de agua a otro y llegan a ser más pronunciados conforme aumenta la cantidad de agua entre el observador y el objeto.

Los componentes de cualquier escena bajo el agua, tales como hierbas, rocas y animales incrustados, generalmente tienden a parecer que son del mismo color conforme la profundidad o rango de visión se incrementan. Los objetos llegan a ser distinguibles solo por las diferencias de brillantes y no por el color. El contraste se convierte en el factor más importante en la visibilidad; aún objetos muy grandes pueden ser indetectables si su brillo es similar al del fondo.

2-7 ENERGIA MECANICA EN EL BUCEO

La energía mecánica principalmente afecta a los buzos en forma de sonido. El sonido es un movimiento periódico o cambio de presión transmitido a través de un gas, un líquido, o un sólido. Ya que el líquido es un medio más denso que el gas, se requiere más energía para perturbar su equilibrio. Una vez que este disturbio toma lugar, el sonido viaja más lejos y más rápido en el medio denso. Varios aspectos del sonido bajo el agua son de interés para el buzo trabajando.

2-7.1 Sonido y Temperatura del Agua. En un cuerpo de agua, puede haber dos o más capas distintas contiguas de agua a diferentes temperaturas; estas capas se conocen como termoclinas. Entre más fría es la capa de agua, mayor es su densidad. Conforme aumenta la diferencia de densidad entre las capas de agua, disminuye la energía sonora transmitida entre ellas. Esto significa que un sonido escuchado a 50 metros de su origen dentro de una capa puede ser inaudible a pocos metros de su origen si el buzo está en otra capa.

2-7.2 Sonido y Profundidad del Agua. En agua poco profunda o en espacios cerrados, las reflexiones y reverberancias de las interfaces aire/agua y objeto/agua producen anomalías en el campo de sonido, tales como ecos, sitios muertos y nodos sónicos. Cuando un buzo está nadando en agua poco profunda, entre cabezas de coral, o en espacios cerrados, pueden esperarse periódicas perdidas en las señales de comunicación acústica y disruptión de radiofaros acústicos de navegación. El problema llega a ser más pronunciado si la frecuencia de señal se incrementa.

Ya que el sonido viaja rápidamente bajo el agua (4921 pies/segundo), el oído humano no puede detectar la diferencia en tiempo de la llegada de un sonido a cada oído. Consecuentemente, un buzo no siempre puede localizar la dirección de una fuente sonora. Esta desventaja puede tener serias consecuencias para un buzo o nadador tratando de localizar un objeto o fuente de peligro, tal como los botes con motor.

2-7.2.1 Trabajo del Buzo y el Sonido. El scuba de circuito abierto afecta la recepción de sonido por producir altos niveles de ruido en la cabeza de los buzos y por crear un rastro de burbujas que reduce el nivel efectivo de presión de sonido (SPL). Cuando varios buzos están trabajando en la misma área, el ruido y las burbujas afectan las señales de comunicación más para algunos buzos que para otros, dependiendo de la posición de los buzos con relación al comunicador y a cada uno de ellos.

Un traje húmedo de neopreno es una barrera efectiva para el sonido de alrededor de 1,000 Hz y llega a ser más que una barrera si la frecuencia se incrementa. Este problema puede solucionarse exponiendo una pequeña área de la cabeza ya sea haciendo hoyos para los oídos o plegando una pequeña aleta fuera de la superficie.

- 2-7.2.2** **Ondas de Presión.** El sonido es transmitido a través del agua como una serie de ondas de presión. El sonido de alta intensidad es transmitido por las correspondientes ondas de presión de alta intensidad. Una onda de alta presión, transmitida desde el agua alrededor del buzo hacia los espacios abiertos dentro de su cuerpo (ófidos, senos, pulmones), puede incrementar la presión dentro de esos espacios abiertos causándole daños. Las explosiones submarinas y el sonar pueden crear sonidos de alta intensidad u ondas de presión. El sonar de baja intensidad, tal como los detectores de profundidad y de peces, no produce ondas de presión de intensidad peligrosa para los buzos. Sin embargo, un barco equipado con sonar antisubmarinos hace pulsaciones de ondas de presión de alta intensidad muy peligrosas.
- Es prudente suspender las operaciones de buceo si el transponder de un sonar de alto poder está siendo operado en el área. Cuando se está usando un sistema posicionador (pinger) sostenido por un buzo, se avisará a los buzos para usar la capucha de neopreno estándar de $\frac{1}{4}$ " para protección de los oídos. Los experimentos han mostrado que tal capucha ofrece adecuada protección cuando las pulsaciones ultrasónicas son de 4 milisegundos de duración, repetidas cada segundo para fuentes sonoras de un nivel hasta 100 watt, a distancias fuente emisora-cabeza tan cortas como 0.5 pies (Pence y Sparks, 1978).
- 2-7.3** **Explosiones Subacuáticas.** Una explosión bajo el agua crea una serie de ondas que son transmitidas en el agua como ondas de choque hidráulico y en el lecho marino como ondas sísmicas. La onda de choque hidráulico de una explosión submarina consiste en una onda inicial seguida por ondas posteriores de presión de intensidad decreciente. La onda de choque inicial de alta intensidad es el resultado de la creación violenta y la liberación de un gran volumen de gas, en la forma de una bolsa de gas, a alta presión y temperatura. Las ondas de presión subsecuentes son causadas por la rápida expansión del gas en un medio ambiente no compresible, causando una secuencia de contracciones y expansiones conforme la bolsa de gas sube a la superficie.
- La onda de choque inicial de alta densidad es la más peligrosa; conforme viaja hacia fuera de la fuente de la explosión, pierde su intensidad. Ondas de presión menos severa siguen muy de cerca a la onda de choque inicial. Es evidente la considerable turbulencia y movimiento del agua en el área de la explosión por un largo tiempo después de la detonación.
- 2-7.3.1** **Tipos de Explosivos y Tamaño de las Cargas.** Algunos explosivos tienen características de alto “brisance” (poder de fragmentación en la vecindad inmediata de la explosión) con menor poder en un rango grande, mientras el brisance de otros es reducido para incrementar su poder sobre una gran área. Aquellos con alto brisance generalmente son usados para cortar o para propósitos de fragmentación, mientras que los explosivos de alto poder y bajo brisance son usado en cargas de profundidad y minas marinas donde el objetivo puede no estar en contacto inmediato y la capacidad para producir daño sobre una gran área es una ventaja. Los explosivos de alto brisance crean una onda de choque de alto nivel y ondas de presión de corta duración sobre un área limitada. Los explosivos de alto poder crean un choque menos intenso y ondas de presión de larga duración sobre una gran área.
- 2-7.3.2** **Características del Lecho Marino.** Aparte del hecho que las rocas u otros escombros sobre el fondo pueden ser impulsadas a través del agua o aún al aire con cargas colocadas a poca profundidad, las condiciones del fondo pueden afectar las ondas de presión de una explosión. Un fondo blando tiende a amortiguar las ondas de choque y de presión reflejadas, mientras un fondo duro y rocoso puede amplificar el efecto. Los estratos de roca, cordilleras y otros rasgos topográficos del lecho marino pueden afectar la dirección de las ondas de choque y presión, y también pueden producir ondas de reflexión secundarias.
- 2-7.3.3** **Localización de la Carga Explosiva.** La investigación ha indicado que la magnitud de las ondas de choque y presión generadas de cargas suspendidas libremente en el agua es

considerablemente más grande que la de cargas colocadas en huecos perforados en roca o coral.

- 2-7.3.4 **Profundidad de Agua.** A grandes profundidades, las ondas de choque y presión son atenuadas por el gran volumen de agua y son así reducidas en intensidad. Una explosión cercana a la superficie no es atenuada al mismo grado.
- 2-7.3.5 **Distancia de la Explosión.** En general, a mayor distancia de la explosión, es mayor la atenuación de las ondas de choque y presión, y menor la intensidad. Este factor debe ser considerado en el contexto de condiciones del fondo, profundidad de agua y reflexión de las ondas de choque y presión desde las estructuras y rasgos topográficos submarinos.
- 2-7.3.6 **Grado de Sumersión del Buzo.** Un buzo totalmente sumergido recibe el efecto total de las ondas de choque y presión que pasan sobre su cuerpo. Si el buzo está sumergido solo parcialmente, con la cabeza y la parte superior del cuerpo fuera del agua, puede experimentar un efecto reducido de las ondas de choque y presión sobre los pulmones, oídos y senos. Sin embargo, el aire transmitirá alguna porción de la explosiva onda de choque y presión. La cabeza, pulmones e intestinos son las partes del cuerpo más vulnerables a los efectos de presión de una explosión. Una onda de presión de 500 lb/pulg² es suficiente para causar serios daños a los pulmones y al tracto intestinal, y una mayor que 2000 lb/pulg² causará ciertas muertes. Aún una onda de presión de 500 lb/pulg² podría causar daños fatales bajo ciertas circunstancias.
- 2-7.3.7 **Estimando la Presión de Explosión en un Buzo.** Hay varias fórmulas para estimar la onda de presión resultante de una explosión de TNT. Las ecuaciones varían en el formato y los resultados muestran que la técnica para estimación es solamente una estimación. Además, estas fórmulas son relativas al TNT y no son aplicables a otros tipos de explosivos.

La siguiente fórmula (Greenbaum y Hoff, 1966) es un método para estimar la presión sobre un buzo resultante de una explosión de tetryl o TNT

$$P = \frac{13,000 \sqrt[3]{W}}{r}$$

Donde:

- P = presión en el buzo en lb/pulg²
W = peso del explosivo (TNT) en libras
r = rango del buzo desde la explosión en pies

Problema Ejemplo. Determine la presión ejercida por una carga explosiva de 45 libras a una distancia de 80 pies.

1. Sustituya los valores conocidos.

$$P = \frac{13,000 \sqrt[3]{45}}{80}$$

2. Obtenga el resultado de la presión ejercida:

$$P = \frac{13,000 \sqrt[3]{45}}{80}$$

$$P = \frac{13,000 \times 3.56}{80}$$

$$P = 578.5$$

Redondea a 579 psi.

Una carga de 45 libras ejerce una presión de 579 lb/pulg² (psi) a una distancia de 80 pies.

2-7.3.8

Minimizando los Efectos de una Explosión. Cuando se espera un estallido bajo el agua, el buzo deberá salir del agua y fuera del rango de explosión siempre que sea posible. Si el buzo tiene que estar en el agua, es prudente limitar la presión que él experimentará por la explosión a menos de 50 lb/pulg². Para minimizar los efectos, el buzo puede ponerse él mismo con los pies apuntando hacia la explosión y la cabeza al lado contrario. La cabeza y la sección superior del cuerpo deberán estar fuera del agua o el buzo deberá flotar sobre su espalda con la cabeza fuera del agua.

2.8 ENERGIA CALORICA EN EL BUCEO

El calor es crucial para el balance del medio ambiente del hombre. El cuerpo humano funciona solamente dentro de un rango muy estrecho de temperatura interna y contiene delicados mecanismos para el control de esta temperatura.

El calor es una forma de energía asociada con y proporcional al movimiento molecular de una sustancia. Está íntimamente relacionado a la temperatura, pero debe ser distinguido de la temperatura, porque diferentes sustancias no necesariamente contienen la misma energía calórica aún cuando sus temperaturas son las mismas.

El calor es generado de muchas maneras. La quema de combustibles, reacciones químicas, fricción y electricidad generan calor. El calor es transmitido de un lugar a otro por conducción, convección y radiación.

2-8.1

Conducción, Convección y Radiación. La *Conducción* es la transmisión de calor por contacto directo. Debido a que el agua es un excelente conductor del calor, un buzo sin protección puede perder una gran cantidad de calor corporal hacia el agua de su entorno por conducción directa.

La *Convección* es la transmisión de calor por el movimiento de fluidos calientes. La mayoría de los sistemas de calefacción caseros operan por el principio de convección, arreglando un flujo de corriente de aire basado en la tendencia natural del aire caliente a elevarse y el aire frío a caer. Un buzo sentado en el fondo de un tanque de agua en un cuarto frío puede perder calor no solo por conducción directa al agua, si no también por corrientes de convección en el agua. El agua caliente próxima a su cuerpo subirá y será remplazada por agua enfriada al pasar a lo largo de las paredes del tanque. Al llegar a la superficie, el agua caliente perderá calor hacia el ambiente frío. Una vez enfriada, el agua se hundirá solamente para ser calentada otra vez como parte de un ciclo continuo.

La *Radiación* es la transmisión de calor por ondas electromagnéticas de energía. Todos los objetos calientes emitirán ondas de energía electromagnética, la cual es absorbida por objetos fríos. El calor del sol, el de los calentadores eléctricos y el de las chimeneas es primariamente calor radiante.

2-8.2

Proporción de Transferencia de Calor. Para los buzos, la conducción es el medio más significativo de transmisión de calor. La proporción a la cual el calor es transferido por conducción depende de 2 factores básicos:

- La diferencia de temperatura entre el material frío y el caliente.
- La conductividad térmica de los materiales.

No todas las sustancias conducen calor en la misma proporción. El hierro, helio y el agua son excelentes conductores de calor, mientras que el aire es un conductor muy pobre. Colocando un conductor pobre entre una fuente de calor y otra sustancia, aísla la sustancia y reduce la transferencia de calor. Los materiales tales como la lana y la espuma de hule aíslan el cuerpo humano y son efectivos porque contienen miles de pequeñas bolsas de aire atrapado. Las bolsas de aire son muy pequeñas para estar sujetas a corrientes de convección, pero bloquean la transferencia conductiva de calor.

2-8.3

Temperatura Corporal del Buzo. Un buzo se empezará a enfriar cuando la temperatura del agua caiga por debajo de una temperatura aparentemente confortable de 70°F (21°C). Debajo de 70°F, un buzo vestido solo con traje de baño pierde calor por el agua más rápido que lo que su cuerpo puede remplazarlo. A menos que se le proporcione alguna protección o aislamiento, puede experimentar dificultades rápidamente. Un buzo que está tiritando no puede trabajar eficientemente o pensar claramente, y es más susceptible a enfermedad de descompresión.

La compresión del traje, el incremento en la densidad del gas, la conductividad térmica de los gases respirables y la perdida de calor por la respiración son factores que contribuyen a mantener la temperatura del cuerpo del buzo. El traje húmedo de neopreno celular pierde una mayor proporción de su propiedad aislante con el incremento de presión y el material se comprime. Como consecuencia, a menudo es necesario emplear un traje más grueso, un traje seco o un traje de agua caliente para exposiciones extensas en agua fría.

Las características de transmisión de calor de un gas son directamente proporcionales a su densidad. Por lo tanto, la perdida de calor a través de barreras aislantes de gas y la pérdida de calor respiratorio hacia las áreas alrededor se incrementa con la profundidad. La pérdida de calor se agrava posteriormente cuando los gases de alta conductividad térmica, tal como el helio/oxígeno, son usados para respiración. La perdida de calor respiratorio solo incrementa el 10% de la capacidad generadora de calor del cuerpo a 1 ata, 28% a 7 ata y 50% a 21 ata cuando se respira helio-oxígeno. Bajo estas circunstancias, los materiales aislantes estándares son insuficientes para mantener la temperatura del cuerpo y debe ser suministrado calor suplementario a la superficie corporal y al gas respiratorio.

2-9 PRESIÓN EN EL BUCEO

La presión es definida como una fuerza actuando sobre un área particular de materia. Esta es típicamente medida en lb/pulg² (psi) en el sistema inglés y N/cm² en el Sistema Internacional (SI). La presión bajo el agua es el resultado del peso del agua arriba del buzo y el peso de la atmósfera sobre el agua. Hay un concepto que debe ser recordado todo el tiempo – cualquier buzo, a cualquier profundidad, debe mantener un balance de presión con las fuerzas a esa profundidad. El cuerpo solo puede funcionar normalmente cuando la diferencia de presiones entre el interior del cuerpo de buzo y las fuerzas que actúan en el exterior es muy pequeña. La presión, ya sea de la atmósfera, del agua de mar o de los gases de respiración del buzo, siempre se debe pensar en términos de lograr y mantener el balance de presión.

2-9.1

Presión Atmosférica. Dado que una atmósfera es igual a 33 pies de agua de mar (fsw) o 14.7 psi, 14.7 psi dividido entre 33 pies es igual a 0.445 psi por pie. Así, por cada pie de agua de mar, la presión total es aumentada en 0.445 psi. La presión atmosférica es constante a nivel del mar; y las pequeñas fluctuaciones causadas por el clima usualmente son ignoradas. La presión atmosférica actúa sobre todas las cosas y en todas direcciones.

La mayoría de los manómetros miden la presión diferencial entre el interior y el exterior del manómetro. Así, la presión atmosférica no se registra en el manómetro de un cilindro de aire comprimido. El aire inicial en el cilindro y en el manómetro se encuentra ya sobre una base de una atmósfera (14.7 psi o 10 N/cm²). El manómetro mide la diferencia de presión entre la atmósfera y la presión aumentada en el tanque. Esta lectura es llamada *presión manométrica* y es suficiente para la mayoría de los casos.

Sin embargo, en el buceo, es importante incluir la presión atmosférica en los cálculos. Esta presión total es llamada *presión absoluta* y es expresada normalmente en unidades de atmósferas. La distinción es importante y debe ser identificada ya sea como presión manométrica (psig) o presión absoluta (psia). Cuando el tipo de presión es identificado solamente como psi, se refiere a la presión manométrica. La Tabla 2-10 contiene factores de conversión para unidades de medidas de presión.

2-9.2

Términos Usados para Describir la Presión del Gas. Para describir la presión de gas se utilizan cuatro términos:

- **Atmosférica.** Atmósfera estándar, usualmente expresada como 10 N/cm^2 , 14.7 psi o una atmósfera absoluta (1 ata).
- **Barométrica.** Esencialmente la misma que la atmosférica pero varía con el clima y es expresada en términos del peso de la columna de mercurio. La presión estándar es igual a 29.92" de mercurio, 760 mm de mercurio o 1013 milibar.
- **Manométrica.** Indica la diferencia entre la presión atmosférica y la presión que está siendo medida.
- **Absoluta.** Es la presión total que está siendo ejercida, ejemplo: la presión manométrica más la presión atmosférica.

2-9.3

Presión Hidrostática. El agua sobre la superficie empuja el agua que está debajo y así sucesivamente hasta el fondo donde, a la profundidad más grande del océano (aproximadamente 36,000 fsw), la presión es mayor de 8 toneladas por pulg² (1,100 ata). La presión debida al peso de la columna de agua es referida como presión hidrostática.

La presión del agua de mar a una profundidad de 10 metros (33 pies) es igual a 1 atmósfera. La presión absoluta, que es una combinación de la atmosférica y la presión del agua para esa profundidad será de 2 atmósferas. Por cada 33 pies de profundidad adicionales, se encuentra otra atmósfera de presión (14.7 psi). Así, a 99 pies, la presión absoluta es igual a 4 atmósferas. La Tabla 2-1 muestra como se incrementa la presión con la profundidad.

Tabla 2-1. Tabla de Presión.

Profundidad	Presión Atmosférica	Presión Absoluta
0	1 atmósfera	1 ata (14.7 psia)
33 fsw	+1 atmósfera	2 ata (29.4 psia)
66 fsw	+1 atmósfera	3 ata (44.1 psia)
99 fsw	+1 atmósfera	4 ata (58.8 psia)

El cambio en la presión con la profundidad es tan pronunciado que los pies de una persona de 6 pies de alto, parado bajo el agua, estarán expuestos a una presión de casi 3 psi más que la ejercida en su cabeza.

2-9.4

Flotabilidad. La flotabilidad es la fuerza que hace que los objetos floten. Eso fue definido primero por el matemático Griego Arquímedes, quien estableció que "Cualquier objeto total o parcialmente sumergido en un fluido flotará por una fuerza igual al peso del fluido desplazado por el objeto". Este se conoce como el principio de Arquímedes y se aplica a todos los objetos y fluidos.

2-9.4.1 Principio de Arquímedes. De acuerdo con el principio de Arquímedes, la flotabilidad de un cuerpo sumergido puede establecerse restando el peso del cuerpo sumergido del peso del líquido desplazado. Si el desplazamiento total (el peso del líquido desplazado) es mayor que el peso del cuerpo sumergido, la flotabilidad es positiva y el cuerpo flotará. Si el peso del cuerpo es igual al del líquido desplazado, la flotabilidad es neutra y el cuerpo permanecerá suspendido en el líquido. Si el peso del cuerpo es mayor al del líquido desplazado, la flotabilidad es negativa y el cuerpo se hundirá.

La fuerza de flotabilidad de un objeto depende de la densidad de la sustancia en la que está inmerso (peso por unidad de volumen). El agua dulce tiene una densidad de 62.4 lb/pie³. El agua salada tiene una densidad de 64 lb/pie³. Por eso un cuerpo será sostenido por una mayor fuerza en agua de mar que en agua dulce, haciéndolo flotar más fácil en el océano que en un lago de agua dulce.

2-9.4.2 Flotabilidad del Buzo. La capacidad pulmonar tiene un efecto significativo sobre la flotabilidad. Un buzo con los pulmones llenos desplaza un mayor volumen de agua y, por lo tanto, flota más que con los pulmones desinflados. Otras diferencias individuales que pueden afectar la flotabilidad de un buzo incluyen la estructura ósea, el peso de los huesos y la obesidad. Estas diferencias explican porque algunos individuos flotan fácilmente mientras otros no.

Un buzo puede variar su flotabilidad de diversas maneras. Añadiendo peso a su equipo, puede causar que él mismo se hunda. Cuando está equipado con un traje seco de volumen variable, puede incrementar o disminuir la cantidad de aire en su traje, cambiando así su desplazamiento y por lo tanto su flotabilidad. Los buzos generalmente buscan una condición de flotabilidad neutra o ligeramente negativa. La flotabilidad negativa le da a un buzo un mejor agarre en el fondo. La flotabilidad neutra realza la habilidad de un buzo scuba para nadar fácilmente, cambiar de profundidad y revolverse.

2-10 GASES EN EL BUCEO

Es de vital importancia para los buzos conocer las características y propiedades de los gases, especialmente aquellos utilizados para respiración.

2-10.1 Aire Atmosférico. El gas más común usado en el buceo es el aire atmosférico, la composición del cual se muestra en la [Tabla 2-2](#). Cualquier gas encontrado en concentraciones diferentes a las de la [Tabla 2-2](#) o que no estén listados, es considerado contaminante. Dependiendo del estado del tiempo y localización, muchos contaminantes industriales pueden encontrarse en el aire. El monóxido de carbono es el más comúnmente encontrado y frecuentemente está presente en el aire alrededor del escape del motor del compresor. Deben tomarse medidas para excluir los contaminantes del aire comprimido de los buzos colocando filtros apropiados, cuidando la localización de las tomas de aire y el mantenimiento del compresor. En el aire comprimido están presentes cantidades variables de vapor de agua y su concentración es importante en ciertas circunstancias.

Para varios propósitos y cálculos, se debe de asumir que el aire de buceo está compuesto por 79% de Nitrógeno y 21% de Oxígeno. Además del aire, comúnmente son usadas para bucear varias mezclas de O₂, N₂ y Helio. Mientras estos gases son discutidos separadamente, los gases por sí mismos casi siempre son usados en alguna mezcla. El aire es una mezcla natural de la mayoría de ellos. En ciertos tipos de aplicaciones de buceo, pueden ser usadas mezclas especiales de uno o más de estos gases con O₂.

2-10.2 Oxígeno. El O₂ es el más importante de todos los gases, y es uno de los elementos de la tierra más abundantes. El fuego no puede encenderse sin O₂ y la gente no puede sobrevivir sin O₂. El aire atmosférico contiene aproximadamente 21% de O₂, el cual existe libremente en estado diatómico (2 átomos unidos haciendo una molécula). Este gas incoloro, inodoro, insípido y activo se combina rápidamente con otros elementos. Del aire que respiramos, el

cuerpo realmente solo utiliza el O₂. El otro 79% sirve para diluir el O₂. El O₂ puro (100%) es frecuentemente usado en hospitales, aviones e instalaciones de tratamiento hiperbárico. Algunas veces también se utiliza en ciertas fases de operaciones de buceo con mezcla de gases y en operaciones de buceo poco profundas. Sin embargo, el respirar O₂ puro al 100% bajo presión puede inducir a serios problemas de toxicidad por oxígeno.

Tabla 2-2. Componentes del Aire Atmosférico Seco.

Componentes	Concentración	
	Porcentaje por Volumen	Partes Por Millón (ppm)
Nitrógeno	78.084	
Oxígeno	20.946	
Bióxido de Carbono	0.033	
Argón	0.0934	
Neón		18.18
Helio		5.24
Kriptón		1.14
Xenón		0.08
Hidrógeno		0.5
Metano		2.0
Oxido Nitroso		0.5

2-10.3

Nitrógeno. Así como el oxígeno, el nitrógeno (N₂) es diatómico, incoloro, inodoro e insípido, y es componente de todo organismo viviente. Contrario al oxígeno, no ayuda a la combustión ni soporta la vida y no se combina fácilmente con otros elementos. El nitrógeno en el aire es inerte en estado libre. Para buceo, el N₂ puede ser usado para diluir el O₂. El nitrógeno no es el único gas que puede ser usado para este propósito y bajo algunas condiciones tiene severas desventajas comparado con otros gases. La narcosis nitrogénica, una alteración resultante de las propiedades anestésicas del N₂ respirado bajo presión, puede resultar en una pérdida de orientación y del juicio en el buzo. Por esta razón, el aire comprimido, con su alto contenido de N₂, no es usado debajo de una profundidad específica en las operaciones de buceo.

2-10.4

Helio. El helio (He) es un gas incoloro, inodoro e insípido, pero es monoatómico (existe como un átomo único en su estado libre). Es totalmente inerte. El helio es un elemento raro, encontrándose en el aire solamente como trazas del elemento de alrededor de 5 partes por millón (ppm). El helio coexiste con gas natural en ciertos pozos en el sudoeste de los Estados Unidos, Canadá y Rusia. Estos pozos proporcionan el suministro mundial. Cuando se usa en el buceo para diluir el oxígeno en la mezcla respiratoria, el helio no causa los mismos problemas asociados con la narcosis nitrogénica, pero tiene desventajas únicas. Entre estas está la distorsión del habla la cual toma lugar en una atmósfera de helio. El efecto de "Pato Donald" es causado por las propiedades acústicas del helio y esto empeora la comunicación en los buceos profundos. Otra característica negativa del helio es su alta conductividad térmica la cual puede causar rápida pérdida de calor corporal y respiratorio.

2-10.5

Hidrógeno. El hidrógeno (H₂) es diatómico, incoloro, inodoro e insípido, y es tan activo que raramente es encontrado en estado libre en la tierra. Es, sin embargo, el elemento más abundante en el universo visible. El sol y las estrellas son casi hidrógeno puro. El H₂ puro es violentamente explosivo cuando se mezcla con el aire en proporciones que incluyan una presencia de más de 5.3% de O₂. El hidrógeno a sido usado en buceo (reemplazando al nitrógeno por las mismas razones que el helio) pero los riesgos han limitado su uso a poco más que experimentación.

2-10.6 **Neón.** El neón (Ne) es inerte, monoatómico, incoloro, inodoro e insípido, y se encuentra en cantidades mínimas en la atmósfera. Es un gas pesado y no exhibe las propiedades narcóticas del N₂ cuando es usado como un medio de respiración. Ya que no causa problemas de distorsión de la voz asociados con el helio tiene grandes propiedades térmicas aislantes, ha sido sujeto de algunas investigaciones de buceo experimental.

2-10.7 **Bióxido de Carbono.** El bióxido de carbono (CO₂) es incoloro, inodoro e insípido cuando se encuentra en pequeños porcentajes en el aire. En grandes concentraciones tiene olor y sabor ácido. El bióxido de carbono es un producto natural de la respiración de animales y humanos, y es formado por la oxidación del carbono en los alimentos para producir energía. Para los buzos, las dos preocupaciones mayores con el CO₂ son el control de la cantidad en el suministro respiratorio y su eliminación después de exhalarlo. Mientras algo de CO₂ es esencial, puede provocar inconsciencia cuando se respira a presiones parciales altas. En concentraciones altas el gas puede ser extremadamente tóxico. En el caso de aparatos de respiración cerrados y semicerrados, la remoción del exceso de CO₂ generado por la respiración es esencial para la seguridad.

2-10.8 **Monóxido de Carbono.** El monóxido de carbono (CO) es un gas venenoso, incoloro, inodoro e insípido el cual es difícil de detectar. El monóxido de carbono se forma como producto de la combustión incompleta de combustibles y es encontrado muy comúnmente en el escape de los motores de combustión interna. El suministro de aire del buzo puede contaminarse con monóxido de carbono cuando la entrada de aire del compresor se coloca muy cerca del escape de la máquina del compresor. Los gases de escape son succionados con el aire y enviados al buzo, con resultados potencialmente desastrosos. El monóxido de carbono interfiere seriamente con la habilidad de la sangre para transportar el oxígeno requerido por el cuerpo para funcionar normalmente. La afinidad del monóxido de carbono con la hemoglobina es aproximadamente 120 mayor que la del oxígeno. El monóxido de carbono se separa de la hemoglobina a una proporción mucho más baja que el oxígeno.

2-10.9 **Teoría Cinética de los Gases.** Sobre la superficie de la tierra la constancia de la presión y composición atmosférica tiende a ser aceptada sin preocupación. Para el buzo, sin embargo, la naturaleza de la presión alta o hiperbárica, en ambiente gaseoso asume gran importancia. La explicación básica del comportamiento de los gases bajo todas las variaciones de temperatura y presión se conoce como la teoría cinética de los gases.

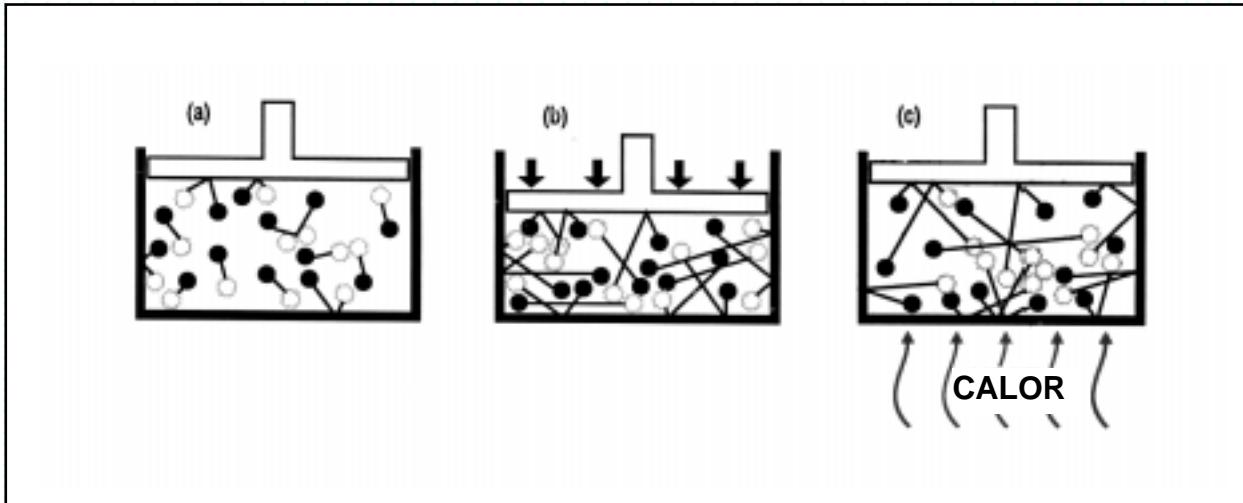
La teoría cinética establece: “La energía cinética de cualquier gas a una temperatura dada es la misma que la energía cinética de cualquier otro gas a la misma temperatura”. Consecuentemente, las presiones medibles de todos los gases resultante de la actividad cinética son afectadas por los mismos factores.

La energía cinética de un gas está relacionada con la velocidad a la cual se están moviendo las moléculas y a la masa del gas. La velocidad es una función de la temperatura y la masa es una función del tipo de gas. A una temperatura dada, las moléculas de un gas más pesado se mueven a una velocidad más baja que las de los gases ligeros, pero su combinación de masa y velocidad resultan en un mismo nivel de energía cinética y fuerza de impacto. La fuerza de impacto, o presión medida, es representativa de la energía cinética del gas. Esto está ilustrado en la Figura 2-6.

2-11 LEYES DE LOS GASES

Los gases están sujetos a tres factores estrechamente interrelacionados - temperatura, presión y volumen. Como señala la teoría cinética de los gases, un cambio en uno de estos factores dará como resultado algún cambio medible en los otros factores. Además, la teoría indica que el comportamiento cinético de cualquier gas es el mismo para todos los gases o mezclas de gases. Consecuentemente, se han establecido leyes básicas para ayudar a predecir los cambios que serán reflejados en un factor conforme cambien las condiciones de uno o ambos

de los otros factores. Un buzo necesita conocer como afectará sobre el aire en su traje y en sus pulmones al cambiar la presión cuando el se mueve arriba o abajo en el agua. Debe poder determinar si un compresor puede dar el suministro de aire adecuado a una profundidad de operación determinada. También necesita ser capaz de interpretar la lectura del manómetro de presión de sus tanques bajo condiciones variables de presión y temperatura. Las respuestas a tales preguntas son calculadas usando un grupo de reglas llamadas leyes de los gases. Esta



2-11.1

sección explica las leyes de los gases de interés directo para los buzos.

Ley de Boyle. La ley de Boyle establece que a temperatura constante, la presión absoluta y el volumen de un gas son inversamente proporcionales. Conforme la presión se incrementa el volumen es reducido; conforme la presión es reducida el volumen de un gas aumenta. La ley de Boyle es importante para los buzos ya que relaciona el cambio en el volumen de un gas con el cambio de la presión, debido a la profundidad, la cual define la relación de presión y volumen en los suministros de gas de respiración.

La fórmula para la ley de Boyle es: $C = P \times V$

Donde:

C = constante

P = presión absoluta

V = volumen

La ley de Boyle también puede ser expresada como: $P_1V_1 = P_2V_2$

Donde:

P_1 = presión inicial

V_1 = volumen inicial

P_2 = presión final

V_2 = volumen final

Cuando se trabaja con la ley de Boyle, la presión puede ser medida en atmósferas absolutas. Calcular la presión usando atmósferas absolutas:

$$P_{ata} = \frac{\text{Profundidad fsw} + 33 \text{ fsw}}{33 \text{ fsw}} \quad \text{ó} \quad P_{ata} = \frac{\text{psig} + 14.7 \text{ psi}}{14.7 \text{ psi}}$$

Problema Ejemplo 1. Una campana abierta de buceo con un volumen de 24 pies³ será bajada al mar desde un barco de apoyo. No se le suministra aire ni hay perdidas en la campana. Calcule el volumen de aire en la campana a 99 fsw.

- Despejando la fórmula de la ley de Boyle para encontrar el volumen final (V_2):

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

- Calcule la presión final (P_2) a 99 fsw:

$$P_2 = \frac{99 \text{ fsw} + 33 \text{ fsw}}{33 \text{ fsw}}$$

$$= 4 \text{ ata}$$

- Sustituya los valores conocidos para encontrar el volumen final:

$$V_2 = \frac{1 \text{ ata} \times 24 \text{ ft}^3}{4 \text{ ata}}$$

$$= 6 \text{ ft}^3$$

El volumen de aire en la campana abierta ha sido comprimido a 6 ft³ en 99 fsw.

2-11.2

Ley de Charles/Gay-Lussac. Cuando se trabaja con la ley de Boyle, la temperatura del gas es un valor constante. Sin embargo, la temperatura afecta significativamente la presión y el volumen de un gas. La ley de Charles/Gay-Lussac describe la relación física de la temperatura sobre el volumen y la presión. La ley de Charles/Gay-Lussac establece que a una presión constante, el volumen de un gas es directamente proporcional al cambio en la temperatura absoluta. Si la presión es mantenida constante y la temperatura absoluta es duplicada, el volumen será el doble. Si la temperatura disminuye, el volumen disminuye también. Si el volumen en lugar de la presión es mantenido constante (ej., calentamiento en un contenedor rígido), entonces la presión absoluta cambiará en proporción a la temperatura absoluta.

Las fórmulas para expresar la ley de Charles/Gay-Lussac son como sigue.

Para la relación entre el volumen y la temperatura:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Donde: La presión es constante

T_1 =	temperatura inicial (absoluta)
T_2 =	temperatura final (absoluta)
V_1 =	volumen inicial
V_2 =	volumen final

Y, para la relación entre la presión y la temperatura:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Donde: El volumen es constante

P_1 = presión inicial (absoluta)
 P_2 = presión final (absoluta)
 T_1 = temperatura inicial (absoluta)
 T_2 = temperatura final (absoluta)

Problema Ejemplo 1. Una campana abierta de buceo de 24 ft^3 de capacidad es bajada al océano a una profundidad de 99 fsw. La temperatura en la superficie es de 80°F , y la temperatura en la profundidad es de 45°F . Del ejemplo ilustrando la ley de Boyle, conocemos que el volumen del gas fue comprimido a 6 ft^3 cuando la campana fue bajada a 99 fsw. Aplique la ley de Charles/Gay-Lussac para determinar el volumen cuando este sea afectado por la temperatura.

1. Convierta las temperaturas Fahrenheit a temperaturas Rankine (absoluta):

$$\begin{aligned} {}^\circ\text{R} &= {}^\circ\text{F} + 460 \\ T_1 &= 80^\circ\text{F} + 460 \\ &= 540^\circ\text{R} \\ T_2 &= 45^\circ\text{F} + 460 \\ &= 505^\circ\text{R} \end{aligned}$$

2. Despeje la fórmula de la ley de Charles/Gay-Lussac para resolver el volumen final (V_2):

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$$

3. Substituya los valores conocidos para resolver el volumen final (V_2):

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{6 \text{ ft}^3 \times 505}{540} \\ &= 5.61 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

El volumen del gas a 99 fsw es 5.61 ft^3 .

Problema Ejemplo 2. Un tanque de 6 ft^3 es cargado a 3000 psig y la temperatura en el cuarto de tanques es de 72°F . El fuego en un espacio adjunto provoca que la temperatura del cuarto de tanques alcance 170°F . ¿Qué le pasará a la presión en el tanque?

1. Convierta las unidades de presión manométrica a unidades de presión atmosférica:

$$\begin{aligned} P_1 &= 3000 \text{ psig} + 14.7 \text{ psi} \\ &= 3014.7 \text{ psia} \end{aligned}$$

2. Convierta las temperaturas Fahrenheit a temperaturas Rankine (absoluta):

$$\begin{aligned} {}^\circ\text{R} &= {}^\circ\text{F} + 460 \\ T_1 &= 72^\circ\text{F} + 460 \\ &= 532^\circ\text{R} \end{aligned}$$

$$T_2 = 170^{\circ}\text{F} + 460$$

$$= 630^{\circ}\text{R}$$

3. Despeje la fórmula de la ley de Charles/Gay-Lussac para resolver la presión final (P_2):

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1}$$

4. Substituya los valores conocidos y resuelva la presión final (P_2):

$$P_2 = \frac{3014.7 \times 630}{532}$$

$$P_2 = \frac{1,899,261}{532}$$

$$= 3570.03 \text{ psia} - 14.7$$

$$= 3555.33 \text{ psig}$$

La presión en el tanque aumentó de 3000 psig a 3555.33 psig. Note que la presión aumentó aunque el volumen del tanque y el volumen del gas se mantuvieron iguales.

Este ejemplo también muestra que podría pasar a un cilindro scuba que fue llenado a su capacidad y dejado sin atención en el portaequipaje de un automóvil o dejado bajo los rayos directos del sol en un día caluroso.

2-11.3

Ley General de los Gases. Boyle, Charles y Gay-Lussac demostraron que la temperatura, el volumen y la presión afectan a un gas de tal manera que el cambio en uno de los factores debe estar balanceado por el cambio correspondiente en uno o ambos de los otros factores. La ley de Boyle describe la relación entre la presión y el volumen, la ley de Charle/Gay-Lussac describe la relación entre la temperatura y el volumen y la relación entre la temperatura y la presión. La ley general de los gases combina las leyes para predecir el comportamiento de una cantidad dada de gas cuando cambia algunos de los factores.

La fórmula para expresar la ley general de los gases es: $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

Donde:

P_1 = presión inicial (absoluta)

V_1 = volumen inicial

T_1 = temperatura inicial (absoluta)

P_2 = presión final (absoluta)

V_2 = volumen final

T_2 = temperatura final (absoluta)

Cuando se esté trabajando con la ley general de los gases se deben tener en mente dos reglas simples:

- Solamente puede haber un valor desconocido.
- Puede simplificarse la ecuación si se sabe que un valor permanece sin cambio (tal como el volumen de un cilindro de aire) o que el cambio en una de las variables es de poca consecuencia. En cualquier caso, cancele el valor en ambos lados de la ecuación para simplificar los cálculos.

Problema Ejemplo 1. Su embarcación ha sido asignada para salvar una nave hundida localizada a 130 fsw. Se planea un buceo scuba de exploración para inspeccionar los restos del naufragio. Los cilindros scuba son cargados a 2,250 psig, lo cual eleva la temperatura en los tanques a 140°F. Por la experiencia en estas aguas, sabes que la temperatura a la profundidad de operación será alrededor de 40°F. Aplique la ley general de los gases para encontrar la lectura que tendrá el manómetro cuando se llegue al fondo (asuma que no hay pérdida de aire por fugas).

1. Simplifique la ecuación eliminando las variables que no cambiarán. El volumen del tanque no cambiará, así que V_1 y V_2 pueden ser eliminados de la fórmula en este problema:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

2. Calcule la presión inicial convirtiendo las unidades de presión manométrica a unidades de presión atmosférica:

$$P_1 = 2,250 \text{ psig} + 14.7$$

$$= 2,264.7 \text{ psia}$$

3. Convierta las temperaturas Fahrenheit a temperaturas Rankine (absoluta):

$$\text{Fórmula de conversión: } {}^{\circ}\text{R} = {}^{\circ}\text{F} + 460$$

$$T_1 = 140{}^{\circ}\text{F} + 460$$

$$= 600{}^{\circ}\text{R}$$

$$T_2 = 40{}^{\circ}\text{F} + 460$$

$$= 500{}^{\circ}\text{R}$$

4. Despeje la fórmula para resolver la presión final (P_2):

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1}$$

5. Substituya los valores conocidos:

$$P_2 = \frac{2264.7 \text{ psia} \times 500{}^{\circ}\text{R}}{600{}^{\circ}\text{R}}$$

$$= 1,887.25 \text{ psia}$$

6. Convierta la presión final (P_2) a presión manométrica:

$$P_2 = 1,887.25 \text{ psia} - 14.7$$

$$= 1,872.55 \text{ psig}$$

La lectura del manómetro cuando llegue al fondo será de 1,872.55 psig.

Problema ejemplo 2. Durante el buceo de inspección para la operación de lo escrito arriba en el Problema Ejemplo 1, los buzos determinaron que el daño requerirá solamente un simple parche. El Supervisor de Buceo elige usar el equipo MK 21 suministrado desde la superficie. La capacidad de descarga del compresor es de 60 ft³/min., y la temperatura del aire en la cubierta del barco es de 80°F.

Aplique la ley general de los gases para determinar si el compresor puede entregar el volumen apropiado de aire, tanto para el buzo que trabaja como para el buzo en espera, a la profundidad y temperatura de operación.

1. Calcule la presión absoluta a la profundidad (P₂):

$$P_2 = \frac{130 \text{ fsw} \times 33 \text{ fsw}}{33 \text{ fsw}}$$

$$= 4.93 \text{ ata}$$

2. Convierta las temperaturas Fahrenheit a temperaturas Rankine (absoluta):

Fórmula de conversión:

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$$

$$T_1 = 80^{\circ}\text{F} + 460$$

$$= 540^{\circ}\text{R}$$

$$T_2 = 40^{\circ}\text{F} + 460$$

$$= 500^{\circ}\text{R}$$

3. Despeje la fórmula de la ley general de los gases para resolver el volumen de aire a la profundidad (V₂):

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1}$$

4. Substituya los valores conocidos y resuelva:

$$V_2 = \frac{1 \text{ ata} \times 60 \text{ ft}^3/\text{min} \times 500^{\circ}\text{R}}{4.93 \text{ ata} \times 540^{\circ}\text{R}}$$

$$= 11.26 \text{ acfm en las condiciones del fondo}$$

Basado en el requerimiento de flujo real (desplazamiento) de 1.4 acfm para un buzo de profundidad, la capacidad del compresor es suficiente para mantener a los buzos, el que trabaja y el que se encuentra en espera, a 130 fsw.

Problema Ejemplo 3. Encuentre los acfm de aire contenidos en un cilindro con un volumen interno de 700 pulg³, presurizado a 3,000 psi.

1. Simplifique la ecuación eliminando las variables que no cambiarán. La temperatura del tanque no cambiará así que T₁ y T₂ pueden ser eliminadas de la fórmula en este problema:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

- 2.** Despeje la fórmula para resolver el volumen inicial:

$$V_1 = \frac{P_2 V_2}{P_1}$$

Donde:

$$P_1 = 14.7 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= 3,000 \text{ psi} + 14.7 \text{ psi} \\ V_2 &= 700 \text{ pulg}^3 \end{aligned}$$

- 3.** Substituya los valores conocidos y resuelva el volumen inicial (V_1):

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{3014.7 \text{ psia} \times 700 \text{ pulg}^3}{14.7 \text{ psi}} \\ &= 143,557.14 \text{ pulg}^3 \end{aligned}$$

- 4.** Convierta el volumen inicial (V_1) a ft^3 : ($1728 \text{ pulg}^3 = 1 \text{ ft}^3$)

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{143,557.14 \text{ pulg}^3}{1728 \text{ pulg}^3} \\ &= 83.07 \text{ ft}^3 \text{ estándar (scf)} \end{aligned}$$

2-12 MEZCLAS DE GASES

Si un buzo utiliza solamente un gas para todos los trabajos bajo el agua, a todas las profundidades, entonces la ley general de gases sería suficiente para la mayoría de sus cálculos necesarios. Sin embargo, para adaptar el uso de un solo gas, el oxígeno tendría que ser elegido debido a que es el único que mantiene la vida. Pero el oxígeno al 100% puede ser peligroso para un buzo conforme aumenta la profundidad y el tiempo de respiración. Los buzos usualmente respiran gases en una mezcla, ya sea aire (21% de oxígeno, 78% de nitrógeno, 1% de otros gases) u oxígeno con uno de los gases inertes que sirven como diluyente para el oxígeno. El cuerpo humano tiene un rango muy amplio de reacciones a varios gases bajo diferentes condiciones de presión, y por esta razón se requiere otra ley de los gases para ayudar a calcular la diferencia entre respirar en la superficie y respirar bajo presión.

2-12.1

Ley de Dalton. La ley de Dalton establece: “La presión total ejercida por una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones de cada uno de los diferentes gases que la componen, con cada gas actuando como si él solo estuviera presente y ocupando el volumen total”.

En una mezcla de gases, la parte de la presión total aportada por un solo gas es llamada presión parcial (pp) del gas. Un ejemplo fácilmente entendido es el de un contenedor a presión atmosférica (14.7 psi). Si el contenedor se llenara solamente con oxígeno, la presión parcial del oxígeno sería 1 atm. Si el mismo contenedor a 1 atm fuera llenado con aire seco, la presión parcial de todos los gases constituyentes contribuirían a la presión total, como se muestra en la [Tabla 2-3](#).

Si el mismo contenedor fuera llenado con aire a 2,000 psi (137 ata), la presión parcial de varios componentes reflejaría la presión aumentada en la misma proporción que los porcentajes de los gases, como se ilustra en la [Tabla 2-4](#).

La fórmula para expresar la ley de Dalton es:

$$P_{\text{Total}} = pp_A + pp_B + pp_C + \dots$$

Donde: A, B y C son gases y

$$pp_A = \frac{P_{\text{Total}} \times \% \text{Vol}_A}{1.00}$$

Tabla 2-3. Presión Parcial a 1 ata.

Gas	Porcentaje del Componente	Presión Parcial en atmósferas
N ₂	78.08	0.7808
O ₂	20.95	0.2095
CO ₂	0.03	0.0003
Otro	0.94	0.0094
Total	100.00	1.0000

Tabla 2-4. Presión Parcial a 137 ata.

Gas	Porcentaje del Componente	Presión Parcial en atmósferas
N ₂	78.08	106.97
O ₂	20.95	28.70
CO ₂	0.03	0.04
Otro	0.94	1.29
Total	100.00	137.00

Otro método para llegar a la misma conclusión es usar la fórmula “T”. Cuando se usa la fórmula “T”, solamente puede haber un valor desconocido. En ese caso es simplemente una multiplicación cruzada, o división para resolver la incógnita. La fórmula “T” se ilustra así:

$$\frac{\text{presión parcial}}{\text{atmósferas absolutas} \quad | \quad \% \text{ de volumen (en forma decimal)}}$$

Problema Ejemplo 1. Use la fórmula “T” para calcular la presión parcial de oxígeno (ppO₂) dada a 10 ata y 16% de oxígeno.

- Coloque los valores conocidos:

$$\frac{pp}{10 / 0.16}$$

- Multiplique la presión por el volumen para resolver la presión parcial de oxígeno (ppO₂):

$$\frac{1.6 \text{ ppO}_2}{10 / 0.16}$$

La presión parcial de oxígeno es de 1.6 ata.

Problema Ejemplo 2. ¿Qué le sucede a la mezcla respiratoria a una profundidad de operación de 130 fsw (4.93 ata)? El compresor de aire en el barco toma aire de la superficie, a una mezcla y presión normal, y lo envía al buzo a una presión suficiente para proporcionarle el balance necesario. La composición no ha cambiado, pero la cantidad

entregada al buzo es 5 veces más de lo que él estaba respirando cuando se encontraba en la superficie. Más moléculas de oxígeno, nitrógeno y bióxido de carbono son comprimidas dentro del mismo volumen a una presión más alta. use la ley de Dalton para determinar la presión parcial a la profundidad.

1. Calcule la presión parcial de oxígeno a la profundidad.

$$\begin{aligned} \text{ppO}_2 &= 0.21 \text{ (en superficie)} \times 4.93 \text{ ata} \\ &= 1.03 \text{ ata} \end{aligned}$$

2. Calcule la presión parcial de nitrógeno a la profundidad.

$$\begin{aligned} \text{ppN}_2 &= 0.79 \text{ (en superficie)} \times 4.93 \text{ ata} \\ &= 3.89 \text{ ata} \end{aligned}$$

3. Calcule la presión parcial del bióxido de carbono a la profundidad.

$$\begin{aligned} \text{ppCO}_2 &= 0.0003 \text{ (en superficie)} \times 4.93 \text{ ata} \\ &= 0.0014 \text{ ata} \end{aligned}$$

2-12.1.1

Expresando Pequeñas Cantidades de Presión. Expresar la presión parcial de gases en atmósferas absolutas (ata) es el método más común empleado en cantidades grandes de presión. Las presiones parciales a 0.1 atm usualmente son expresadas en milímetros de mercurio (mmHg). En la superficie, la presión atmosférica es igual a 1 ata ó 14.7 psia ó 760 mmHg. La fórmula usada para calcular la ppO₂ a 130 fsw en mmHg es:

$$\begin{aligned} \text{ppCO}_2 &= \frac{0.03}{100} \times 4.93 \times \frac{760 \text{ mmHg}}{1 \text{ ata}} \\ &= 1.12 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

2-12.1.2

Calculando el Valor Equivalente en Superficie. De los cálculos previos, es evidente que el buzo obtiene más moléculas de oxígeno respirando aire a 130 fsw que si estuviera usando el 100% de oxígeno en la superficie. También está inspirando 5 veces más moléculas de bióxido de carbono que si estuviera respirando aire normal en la superficie. Si el aire de la superficie estuviera contaminado con el 2% (0.02 ata) de bióxido de carbono, un nivel que pudiera ser fácilmente adaptado por una personal normal a 1 ata, la presión parcial a la profundidad sería peligrosamente alta – 0.0986 ata (0.02 x 4.93 ata). Esta presión parcial es comúnmente referida como un valor equivalente en superficie (sev) de 10% de bióxido de carbono. La fórmula para calcular el valor equivalente en superficie es:

$$\text{sev} = \frac{\text{pp a la profundidad (ata)} \times 100\%}{1 \text{ ata}}$$

$$\text{sev} = \frac{0.0986 \text{ ata}}{1 \text{ ata}} \times 100\%$$

$$\text{sev} = 9.86\% \text{ de CO}_2$$

2-12.2

Difusión de Gas. Otro efecto físico de las presiones parciales y de la actividad cinética es el de la difusión del gas. La difusión del gas es el proceso de entremezclar o mezclar las moléculas de gas. Si dos gases son puestos juntos en un contenedor, eventualmente se mezclarán por completo aunque uno de ellos sea más pesado. El mezclado ocurre como resultado del movimiento constante de las moléculas.

Un gas se moverá a través de una membrana permeable (un sólido que permite la transmisión molecular) dependiendo de la presión parcial del gas a cada lado de la membrana. Si la presión parcial es mayor en uno de los lados, las moléculas de gas se difundirán a través de la membrana desde el lado de mayor al de menor presión parcial hasta que esta sea igual en ambos lados de la membrana. Las moléculas están pasando a través de la membrana durante todo el tiempo y en ambas direcciones debido a la actividad cinética, pero se moverán más del lado en donde hay más concentración hacia el de menos concentración.

Los tejidos corporales son membranas permeables. La proporción de la difusión de gas, la cual está relacionada con la diferencia entre las presiones parciales, es una consideración importante para determinar la absorción y eliminación de los gases en el cálculo de las tablas de descompresión.

2-12.3

Humedad. La humedad es la cantidad de vapor de agua en las atmósferas gaseosas. Como otros gases, el vapor de agua se comporta de acuerdo con las leyes de los gases. Sin embargo, diferente a otros gases encontrados en el buceo, el vapor de agua se condensa a su estado líquido a temperaturas encontradas normalmente por el hombre.

La humedad está relacionada con la presión del vapor de agua, y la máxima presión parcial de vapor de agua en el gas es gobernada totalmente por la temperatura del gas. Conforme la temperatura del gas aumenta, se pueden mantener más moléculas de agua hasta que se establezca una nueva condición de equilibrio y una presión parcial máxima más alta. Conforme el gas se enfriá, el vapor de agua en el gas se condensa hasta que existe una condición de presión parcial más baja sin importar la presión total del gas. La temperatura a la cual un gas es saturado de vapor de agua se llama *punto de condensación*.

En concentraciones apropiadas, el vapor de agua en el gas de respiración puede ser benéfico para el buzo. El vapor de agua humedece los tejidos corporales, manteniendo así confortable al buzo. Sin embargo, como un líquido condensado, el vapor de agua puede congelar y bloquear las vías de aire en las mangas y equipo, empañar la mirilla de la máscara del buzo y corroer su equipo.

2-12.4

Gases en los Líquidos. Cuando un gas tiene contacto con un líquido, una porción de las moléculas del gas entran en solución con el líquido. Se dice que el gas está *disuelto* en el líquido. La solubilidad es de vital importancia ya que muchas cantidades significativas de gases están disueltas en los tejidos corporales a las presiones encontradas en el buceo.

2-12.5

Solubilidad. Algunos gases son más solubles (capacidad de ser disuelto) que otros, y algunos líquidos y sustancias son mejores solventes (capacidad de disolver otra sustancia) que otros. Por ejemplo, el nitrógeno es 5 veces más soluble en la grasa que en el agua.

A parte de las características individuales de varios gases y líquidos, la temperatura y la presión afectan grandemente la cantidad de gas que será absorbido. Ya que un buzo siempre está trabajando bajo condiciones inusuales de presión, el entendimiento de este factor es particularmente importante.

2-12.6

Ley de Henry. La ley de Henry establece: "La cantidad de cualquier gas dado que será disuelto en un líquido a una temperatura dada es directamente proporcional a la presión parcial de ese gas". Debido a que un gran porcentaje del cuerpo humano es agua, la ley simplemente establece que como uno de los buceos profundos y más profundos, más gas se disolverá en los tejidos corporales y que sobre el ascenso, el gas disuelto debe ser liberado.

2-12.6.1

Tensión del Gas. Cuando un líquido libre de gas es expuesto primero a un gas, una cantidad de moléculas de gas se precipitan a entrar en la solución, empujadas por la presión parcial del gas. Conforme las moléculas entran en el líquido, se adhieren a un estado de

tensión del gas. La tensión del gas es una manera de identificar la presión parcial de ese gas en el líquido.

La diferencia entre la tensión del gas y la presión parcial del gas fuera del líquido es llamada *gradiente de presión*. El gradiente de presión indica la proporción a la cual el gas entra o deja la solución.

2-12.6.2

Absorción del Gas. A nivel del mar, los tejidos corporales están equilibrados con nitrógeno disuelto a una presión parcial igual a la presión parcial del nitrógeno en los pulmones. Con la exposición a la altitud o a la presión aumentada en el buceo, la presión parcial del nitrógeno en los pulmones cambia y los tejidos, ya sea, pierden o ganan nitrógeno hasta alcanzar un nuevo equilibrio con la presión del nitrógeno en los pulmones. Cuando los tejidos toman nitrógeno se llama *absorción o aumento*. El hecho de sacar nitrógeno de los tejidos se denomina *eliminación o gasificación*. En el buceo con aire, la absorción del nitrógeno ocurre cuando un buzo es expuesto a una presión parcial de nitrógeno aumentada. Conforme la presión disminuye, el nitrógeno es eliminado. Esto es real para cualquier gas inerte respirado.

La absorción consiste de varias fases, incluyendo la transferencia de gas inerte de los pulmones a la sangre y entonces de la sangre a los diferentes tejidos conforme este fluye a través del cuerpo. El gradiente para la transferencia de gas es la diferencia de presión parcial del gas entre los pulmones y la sangre, y entre la sangre y los tejidos.

El volumen de sangre que fluye a través de los tejidos es pequeño comparado a la masa de los tejidos, pero en un período de tiempo el gas llevado a los tejidos causa que esto llegue a estar equilibrado con el gas llevado en la sangre. Conforme aumenta el número de moléculas de gas en el líquido, aumenta la tensión hasta que alcanza un valor igual a la presión parcial. Cuando la tensión se iguala a la presión parcial, el líquido es saturado con el gas y el gradiente de presión es cero. A menos que la temperatura o la presión cambie, las únicas moléculas de gas que entran o salen del líquido son aquellas que pudieran, de manera fortuita o al azar, cambiar lugares sin alterar el balance.

La proporción de equilibrio del gas en la sangre dependen del volumen de flujo de sangre y de las respectivas capacidades de sangre y tejidos que absorban el gas disuelto. Por ejemplo, los tejidos grasos retienen significativamente más gas que los tejidos magros y les tomará más tiempo para absorber o eliminar el exceso de gas inerte.

2-12.6.3

Solubilidad del Gas. La solubilidad de los gases es afectada por la temperatura – entre menor sea la temperatura, mayor es la solubilidad. Conforme aumenta la temperatura de una solución, algo del gas disuelto deja la solución. Las burbujas elevándose en un recipiente de agua calentándose (bastante antes de que el agua hierva) son burbujas de gas disuelto que están saliendo de la solución.

Los gases en la mezcla respiratoria de un buzo están disueltos en su cuerpo en proporción a la presión parcial de cada uno de los gases en la mezcla. Debido a la variada solubilidad de los diferentes gases, la cantidad de un gas en particular que llega a ser disuelto también es gobernada por la cantidad de tiempo en que el buzo esté respirando el gas en la presión aumentada. Si el buzo respira el gas por bastante tiempo, su cuerpo llegará a estar saturado.

El gas disuelto en el cuerpo de un buzo, sin importar la cantidad, profundidad o presión, se mantiene en solución tanto como se mantenga la presión. Sin embargo, conforme el buzo asciende, más y más del gas disuelto llega a salir de la solución. Si su velocidad de ascenso es controlada (ej., mediante el uso de tablas de descompresión), el gas disuelto es llevado a los pulmones y exhalado antes de que se acumule para formar burbujas significantes en los tejidos. Si, por otro lado, asciende repentinamente y la presión es reducida a una proporción

mayor que la que el cuerpo puede manejar, se pueden formar burbujas, rompiendo los tejidos corporales y sistemas, y producir enfermedades por descompresión.

Tabla 2-5. Símbolos y Significados.

Símbolo	Significados
°F	Grados Fahrenheit
°C	Grados Celsius
°R	Grados Rankine
A	Área
C	Circunferencia
D	Profundidad de Agua
H	Altura
L	Longitud
P	Presión
r	Radio
T	Temperatura
t	Tiempo
V	Volumen
W	Ancho
Dia	Diámetro
Dia ²	Diámetro al Cuadrado
Dia ³	Diámetro al Cubo
π	3.1416
ata	Atmósferas Absolutas
pp	Presión Parcial
psi	Libras sobre Pulgada Cuadrada
psig	Libras sobre Pulgada Cuadrada Manométrica
psia	Libras sobre Pulgada Cuadrada Absoluta
fsw	Pies de Agua de Mar
fpm	Pies por Minuto
scf	Pies Cúbicos Estándar
BTU	Unidades Inglesas de Temperatura
cm ³	Centímetros Cúbicos
kw hr	Kilowatt Hora
mb	Milibares

Tabla 2-6. Flotabilidad (en Libras).

Agua Dulce	$(V \text{ ft}^3 \times 62.4) - \text{Peso de la Unidad}$
Aqua Salada	$(V \text{ ft}^3 \times 64) - \text{Peso de la Unidad}$

Tabla 2-7. Fórmulas para Área.

Cuadrado o Rectángulo	$A = L \times W$
Círculo	$A = 0.7854 \times \text{Dia}^2$
	o
	$A = \pi r^2$

Tabla 2-8. Fórmulas para Volúmenes.

Compartimento	$V = L \times W \times H$
Esfera	$V = \pi \times 4/3 \times r^3$ $= 0.5236 \times \text{Dia}^3$
Cilindro	$V = \pi \times r^2 \times L$ $= \pi \times 1/4 \times \text{Dia}^2 \times L$ $= 0.7854 \times \text{Dia}^2 \times L$

Tabla 2-9. Fórmulas para Presiones Parciales/Equivalentes de Aire en la Profundidad.

Presión Parcial Medida en psi	$pp = (D + 33 \text{ fsw}) \times 0.445 \text{ psi} \times \left(\frac{\%V}{100\%} \right)$
Presión Parcial Medida en ata	$pp = \frac{D + 33 \text{ fsw}}{33 \text{ fsw}} \times \frac{\%V}{100\%}$
Presión Parcial Medida en fsw	$pp = (D + 33 \text{ fsw}) \times \frac{\%V}{100\%}$
Fórmula "T" para Cálculo de Presión Parcial	$\frac{pp}{ata / \%}$
Equivalente de Aire a la Profundidad para Buceos N ₂ O ₂ Medidos en fsw	$EAD = \left[\frac{(1.0 - O_2\%) (D + 33)}{0.79} \right] - 33$
Equivalente de Aire a la Profundidad para Buceos N ₂ O ₂ Medidos en metros	$EAD = \left[\frac{(1.0 - O_2\%) (M + 10)}{0.79} \right] - 10$

Tabla 2-10. Equivalencias de Presión.

Atmósferas	Bares	10 Newton por cm ²	Libras por Pulgada ²	Columnas de Mercurio a 0°C		Columnas de Agua*			
				Metros	Pulgadas	Metros	Pulgadas	Pies (FW)	Pies (FSW)
1	1.01325	1.03323	14.696	0.76	29.9212	10.337	406.966	33.9139	33.066
0.986923	1	1.01972	14.5038	0.750062	29.5299	10.2018	401.645	33.4704	33.6336
0.967841	0.980665	1	14.2234	0.735559	28.959	10.0045	393.879	32.8232	32.0026
0.068046	0.068947	0.070307	1	0.0517147	2.03601	0.703386	27.6923	2.30769	2.25
1.31579	1.33322	1.35951	19.33369	1	39.37	13.6013	535.482	44.6235	43.5079
0.0334211	0.0338639	0.0345316	0.491157	0.0254	1	0.345473	13.6013	1.13344	1.1051
0.09674	0.09798	0.099955	1.42169	0.073523	2.89458	1	39.37	3.28083	3.19881
0.002456	0.002489	0.002538	0.03609	0.001867	0.073523	0.02540	1	0.08333	0.08125
0.029487	0.029877	0.030466	0.43333	0.02241	0.882271	0.304801	12	1	0.975
0.030242	0.030643	0.031247	0.44444	0.022984	0.904884	0.312616	12.3077	1.02564	1

1. Agua Dulce (FW) = 62.4 lb/pul³; Agua Salada (SW) = 64.0 lb/pulg³.2. Las unidades **SI** para presión son Kilo Pascal (KPA) – 1 Kg/cm² = 98.0665 KPA y por definición 1 BAR = 100.00 KPA @ 4°C

3. En el sistema métrico, 10 MSW es definido como 1 BAR. Note que la conversión de presión de MSW a FSW es diferente que la conversión de longitud; ej., 10 MSW = 32.6336 FSW y 10 M = 32.8083 pies.

Tabla 2-11. Equivalencias de Volumen y Capacidad.

Centímetros Cúbicos	Pulgadas Cúbicas	Pies Cúbicos	Yardas Cúbicas	Mililitros	Litros	Pintas	Cuartos	Galones
1	0.061023	3.531×10^{-5}	1.3097×10^{-6}	0.999972	9.9997×10^{-4}	2.113×10^{-3}	1.0567×10^{-3}	2.6417×10^{-4}
16.3872	1	5.787×10^{-4}	2.1434×10^{-5}	16.3867	0.0163867	0.034632	0.017316	4.329×10^{-3}
28317	1728	1	0.037037	28316.2	28.3162	59.8442	29.9221	7.48052
764559	46656	27	1	764538	764.538	1615.79	807.896	201.974
1.00003	0.0610251	3.5315×10^{-5}	1.308×10^{-6}	1	0.001	2.1134×10^{-3}	1.0567×10^{-3}	2.6418×10^{-4}
1000.03	61.0251	0.0353154	1.308×10^{-3}	1000	1	2.11342	1.05671	0.264178
473.179	28.875	0.0167101	6.1889×10^{-4}	473.166	0.473166	1	0.5	0.125
946.359	57.75	0.0334201	1.2378×10^{-3}	946.332	0.946332	2	1	0.25
3785.43	231	0.133681	49511×10^{-3}	3785.33	3.78533	8	4	1

Tabla 2-12. Equivalencias de Longitud.

Centímetros	Pulgadas	Pies	Yardas	Metros	Brazas	Kilómetros	Millas	Millas Náuticas Int.
1	0.3937	0.032808	0.010936	0.01	5.468×10^{-3}	0.00001	6.2137×10^{-5}	5.3659×10^{-6}
2.54001	1	0.08333	0.027778	0.025400	0.013889	2.540×10^{-5}	1.5783×10^{-5}	1.3706×10^{-5}
30.4801	12	1	0.33333	0.304801	0.166665	3.0480×10^{-4}	1.8939×10^{-4}	1.6447×10^{-4}
91.4403	36	3	1	0.914403	0.5	9.144×10^{-4}	5.6818×10^{-4}	4.9341×10^{-4}
100	39.37	3.28083	1.09361	1	0.5468	0.001	6.2137×10^{-4}	5.3959×10^{-4}
182.882	72	6	2	1.82882	1	1.8288×10^{-3}	1.1364×10^{-3}	9.8682×10^{-4}
100000	39370	3280.83	1093.61	1000	546.8	1	0.62137	0.539593
160935	63360	5280	1760	1609.35	80	1.60935	1	0.868393
185325	72962.4	6080.4	2026.73	1853.25	1013.36	1.85325	1.15155	1

Tabla 2-13. Equivalencias de Área.

Metros Cuadrados	Centímetros Cuadrados	Pulgadas Cuadradas	Pies Cuadrados	Yardas Cuadradas	Acres	Millas Cuadradas
1	10000	1550	10.7639	1.19599	2.471×10^{-4}	3.861×10^{-7}
0.0001	1	0.155	1.0764×10^{-3}	1.196×10^{-4}	2.471×10^{-8}	3.861×10^{-11}
6.4516×10^{-4}	6.45163	1	6.944×10^{-3}	7.716×10^{-4}	1.594×10^{-7}	2.491×10^{-10}
0.092903	929.034	144	1	0.11111	2.2957×10^{-5}	3.578×10^{-8}
0.836131	8361.31	1296	9	1	2.0661×10^{-4}	3.2283×10^{-7}
4046.87	4.0469×10^7	6.2726×10^6	43560	4840	1	1.5625×10^{-3}
2.59×10^6	2.59×10^{10}	4.0145×10^9	2.7878×10^7	3.0976×10^6	640	1

Tabla 2-14. Equivalencias de Velocidad.

Centímetros Por Segundo	Metros Por Segundo	Metros Por Minuto	Kilómetros Por Hora	Pies Por Segundo	Pies Por Minuto	Millas Por Hora	Nudos
1	0.01	0.6	0.036	0.0328083	1.9685	0.0223639	0.0194673
100	1	60	3.6	3.28083	196.85	2.23639	1.9473
1.66667	0.0166667	1	0.06	0.0546806	3.28083	0.0372822	0.0324455
27.278	0.27778	16.667	1	0.911343	54.6806	0.62137	0.540758
30.4801	0.304801	18.288	1.09728	1	60	0.681818	0.593365
0.5080	5.080×10^{-3}	0.304801	0.018288	0.016667	1	0.0113636	9.8894×10^{-3}
44.7041	0.447041	26.8225	1.60935	1.4667	88	1	0.870268
51.3682	0.513682	30.8209	1.84926	1.6853	101.118	1.14907	1

Tabla 2-15. Equivalentes de Masa.

Kilogramo	Gramo	Grano	Onza	Libra	Tonelada (corta)	Tonelada (larga)	Tonelada (métrica)
1	1000	15432.4	35.274	2.20462	1.1023x10 ⁻³	9.842x10 ⁻⁴	0.001
0.001	1	15.4324	0.035274	2.2046x10 ⁻³	1.1023x10 ⁻⁶	9.842x10 ⁻⁷	0.000001
6.4799x10 ⁻⁵	0.6047989	1	2.2857x10 ⁻³	1.4286x10 ⁻⁴	7.1429x10 ⁻⁸	6.3776x10 ⁻⁸	6.4799x10 ⁻⁸
0.0283495	28.3495	437.5	1	0.0625	3.125x10 ⁻⁵	2.790x10 ⁻⁵	2.835x10 ⁻⁵
0.453592	453.592	7000	16	1	0.0005	4.4543x10 ⁻⁴	4.5359x10 ⁻⁴
907.185	907185	1.4x10 ⁷	32000	2000	1	0.892857	0.907185
1016.05	1.016x10 ⁶	1.568x10 ⁷	35840	2240	1.12	1	1.01605
1000	10 ⁶	1.5432x10 ⁷	35274	2204.62	1.10231	984206	1

Tabla 2-16. Equivalentes de Trabajo y Energía.

Joules Internaciona	Ergio	Libra - Pies	KilowattHora Internaciona	Caballos de Fuerza Hora	KiloCalorías	BTU
1	10 ⁷	0.737682	2.778x10 ⁻⁷	3.7257x10 ⁻⁷	2.3889x10 ⁻⁴	9.4799x10 ⁻⁴
10 ⁻⁷	1	7.3768x10 ⁻⁸	2.778x10 ⁻¹⁴	3.726x10 ⁻¹⁴	2.389x10 ⁻¹¹	9.4799x10 ⁻¹¹
1.3566	1.3556x10 ⁷	1	3.766x10 ⁻⁷	5.0505x10 ⁻⁷	3.238x10 ⁻⁴	1.285x10 ⁻³
3.6x10 ⁶	3.6x10 ¹³	2.6557x10 ⁶	1	1.34124	860	3412.76
2.684x10 ⁶	2.684x10 ¹³	1.98x10 ⁶	0.745578	1	641.197	2544.48
4186.04	4.186x10 ¹⁰	3087.97	1.163x10 ⁻³	1.596x10 ⁻³	1	3.96832
1054.87	1.0549x10 ¹⁰	778.155	2.930x10 ⁻⁴	3.93x10 ⁻⁴	0.251996	1

Tabla 2-17. Equivalentes de Fuerza.

Caballos de Fuerza	Kilowatts Internaciona	Joules/Segundo Internaciona	Kg-M Segundo	Lb/Pies Por Segundo	IT Calorías Por Segundo	BTU Por Segundo
1	0.745578	745.578	76.0404	550	178.11	0.7068
1.34124	1	1000	101.989	737.683	238.889	0.947989
1.3412x10 ⁻³	0.001	1	0.101988	0.737682	0.238889	9.4799x10 ⁻⁴
0.0131509	9.805x10 ⁻³	9.80503	1	7.233	2.34231	9.2951x10 ⁻³
1.8182x10 ⁻³	1.3556x10 ⁻³	1.3556	0.138255	1	0.323837	1.2851x10 ⁻³
5.6145x10 ⁻³	4.1861x10 ⁻³	4.18605	0.426929	3.08797	1	3.9683x10 ⁻³
1.41483	1.05486	1054.86	107.584	778.155	251.995	1

Tabla 2-18. Equivalencias de Temperatura.

Fórmulas de Conversión:				${}^{\circ}C = ({}^{\circ}F - 32) \times \frac{5}{9}$				${}^{\circ}F = \left(\frac{9}{5} \times {}^{\circ}C \right) + 32$					
${}^{\circ}C$	${}^{\circ}F$	${}^{\circ}C$	${}^{\circ}F$	${}^{\circ}C$	${}^{\circ}F$	${}^{\circ}C$	${}^{\circ}F$	${}^{\circ}C$	${}^{\circ}F$	${}^{\circ}C$	${}^{\circ}F$	${}^{\circ}C$	${}^{\circ}F$
-100	-148.0	-60	-76.0	-20	-4.0	20	68.0	60	140.0	100	212.0	140	284.0
-98	-144.4	-58	-72.4	-18	-0.4	22	71.6	62	143.6	102	215.6	142	287.6
-96	-140.8	-56	-68.8	-16	3.2	24	75.2	64	147.2	104	219.2	144	291.2
-94	-137.2	-54	-65.2	-14	6.8	26	78.8	66	150.8	106	222.8	146	294.8
-92	-133.6	-52	-61.6	-12	10.4	28	82.4	68	154.4	108	226.4	148	298.4
-90	-130.0	-50	-58.0	-10	14.0	30	86.0	70	158.0	110	230.0	150	302.0
-88	-126.4	-48	-54.4	-8	17.6	32	89.6	72	161.6	112	233.6	152	305.6
-86	-122.8	-46	-50.8	-6	21.2	34	93.2	74	165.2	114	237.2	154	309.2
-84	-119.2	-44	-47.2	-4	24.8	36	96.8	76	168.8	116	240.8	156	312.8
-82	-115.6	-42	-43.6	-2	28.4	38	100.4	78	172.4	118	244.4	158	316.4
-80	-112.0	-40	-40.0	0	32.0	40	104.0	80	176.0	120	248.0	160	320.0
-78	-108.4	-38	-36.4	2	35.6	42	107.6	82	179.6	122	251.6	162	323.6
-76	-104.8	-36	-32.8	4	39.2	44	111.2	84	183.2	124	255.2	164	327.2
-74	-101.2	-34	-29.2	6	42.8	46	114.8	86	186.8	126	258.8	166	330.8
-72	-97.6	-32	-25.6	8	46.4	48	118.4	88	190.4	128	262.4	168	334.4
-70	-94.0	-30	-22.0	10	50.0	50	122.0	90	194.0	130	266.0	170	338.0
-68	-90.4	-28	-18.4	12	53.6	52	125.6	92	197.6	132	269.6	172	341.6
-66	-86.8	-26	-14.8	14	57.2	54	129.2	94	201.2	134	273.2	174	345.2
-64	-83.2	-24	-11.2	16	60.8	56	132.8	96	204.8	136	276.8	176	348.8
-62	-79.6	-22	-7.6	18	64.4	58	136.4	98	208.4	138	280.4	178	352.4

Profundidad, Presión, Atmósferas

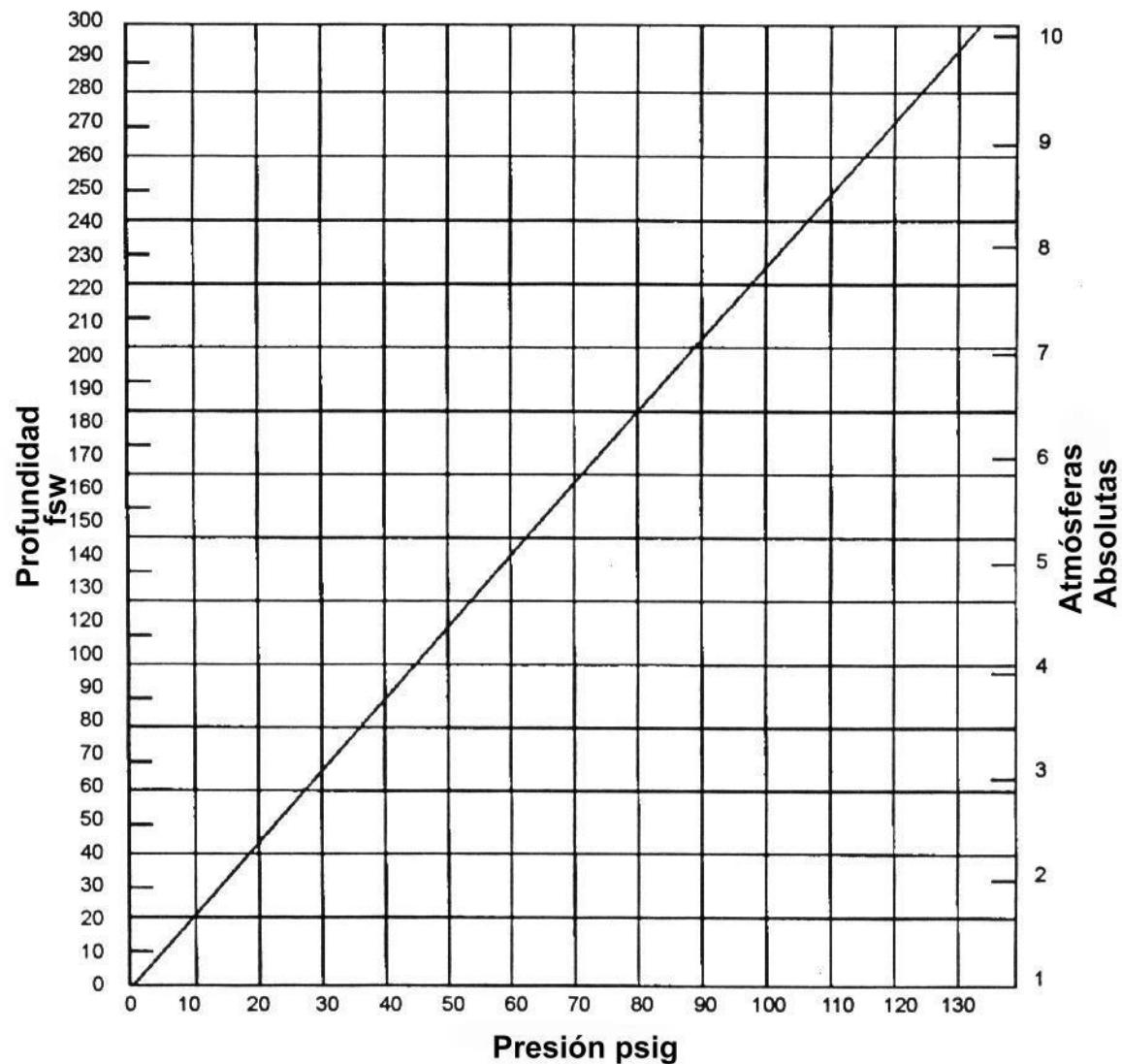


Figura 2-7. Gráfica de Profundidad, Presión y Atmósferas.

Fisiología Subacuática y Trastornos del Buceo

3-1 INTRODUCCION

- 3-1.1** **Objetivo.** Este capítulo proporciona información básica sobre la fisiología y anatomía humana y como se relaciona al trabajo en el ambiente subacuático. La fisiología es el estudio de los procesos y funciones del cuerpo. La anatomía es el estudio de la estructura de los órganos del cuerpo.
- 3-1.2** **Alcance.** Este capítulo contiene información básica con el propósito de proporcionar un entendimiento fundamental de los procesos y funciones de fisiología que son afectados cuando los humanos están expuestos al medio ambiente subacuático. El conocimiento de un buzo acerca de la fisiología subacuática es tan importante como el conocimiento de los procedimientos y equipos de buceo. El buceo seguro solamente es posible cuando el buzo entiende totalmente los procesos fisiológicos fundamentales y las limitaciones en el trabajo del cuerpo humano en el medio ambiente subacuático.
- 3-1.3** **Generalidades.** Un cuerpo en el trabajo requiere coordinación funcional de todos los órganos y sistemas. El corazón bombea sangre a todas las partes del cuerpo, los fluidos de los tejidos intercambian materiales disueltos con la sangre, y los pulmones mantienen la sangre suministrada con oxígeno y libre del exceso de dióxido de carbono. La mayoría de estos procesos están controlados por el cerebro, sistema nervioso y varias glándulas. El individuo generalmente no se da cuenta que estas funciones están sucediendo.

Tan eficiente como es, el cuerpo humano carece de medios efectivos para compensar los muchos efectos de la presión aumentada en la profundidad y poco puede hacer para mantener su ambiente interno sin ser afectado. Tales efectos externos dan límites definidos en lo que un buzo puede hacer y, si no son entendidos, pueden resultar accidentes serios.

3-2 EL SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso coordina todas las funciones y actividades corporales. Está compuesto por el cerebro, médula espinal y una compleja red de nervios que cruzan por todo el cuerpo. El cerebro y medula espinal son llamados colectivamente Sistema Nervioso Central (CNS). Los nervios que se originan en el cerebro y médula, y que viajan a las partes periféricas del cuerpo, forman el sistema nervioso periférico (PNS). Este sistema consiste de los nervios craneales, nervios espinales y el sistema nervioso simpático. El sistema nervioso periférico está involucrado en la regulación cardiovascular, respiratoria y otras funciones automáticas del cuerpo. Estos troncos nerviosos también transmiten impulsos nerviosos asociados con la vista, oído, balance, gusto, tacto, dolor y temperatura entre los sensores periféricos, la medula espinal y el cerebro.

3-3 EL SISTEMA CIRCULATORIO

El sistema circulatorio se compone del corazón, arterias, venas y capilares. El sistema circulatorio lleva oxígeno, nutrientes y hormonas a cada célula del cuerpo y acarrea hacia fuera el CO₂, desperdicios químicos y calor. La sangre circula a través de un circuito cerrado de conductos que incluye los pulmones, tejidos capilares, corazón, venas y arterias.

- 3-3.1** **Anatomía.** La muy grande superficie requerida para la amplia difusión de los gases en los pulmones y tejidos es proporcionada por las delgadas paredes de los capilares. Cada parte del cuerpo está completamente entrelazada con una intrincada red de conductos sanguíneos extremadamente pequeños llamados capilares. En los pulmones, los capilares rodean los

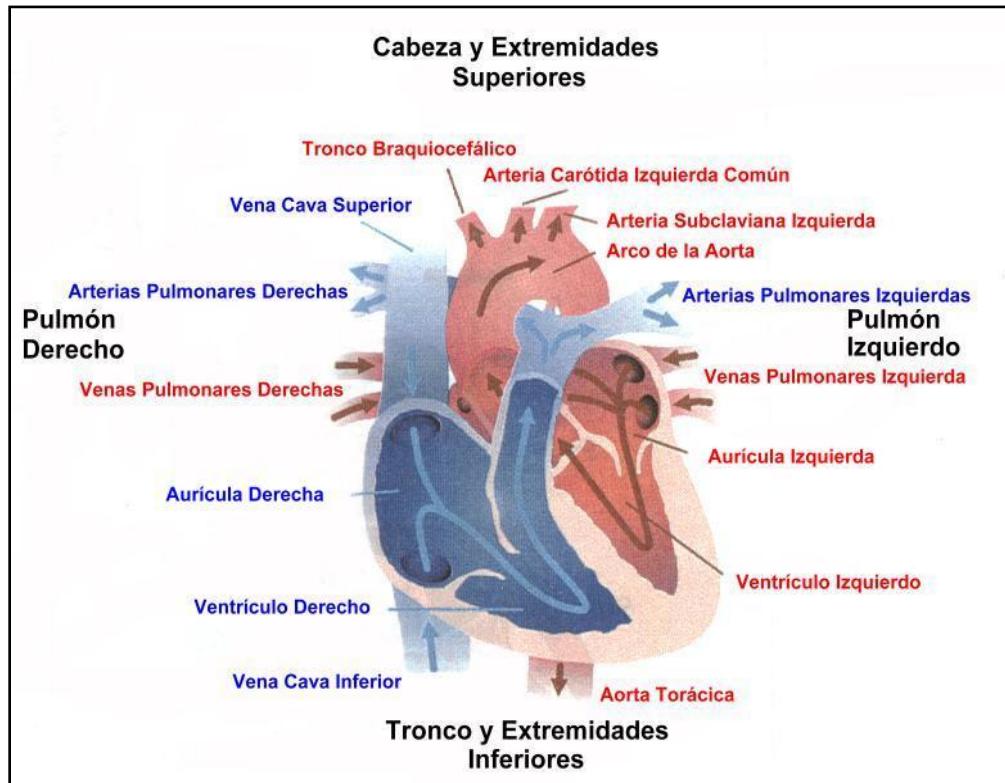


Figura 3-1. Componentes del Corazón y Flujo Sanguíneo.

pequeños sacos aéreos (alvéolos) de modo que la sangre que llevan pueda intercambiar gases con el aire.

3-3.1.1 El Corazón. El corazón (Figura 3-1) es la bomba muscular que impulsa la sangre a todo el sistema. Tiene el tamaño de alrededor de un puño cerrado, es hueco y está hecho casi totalmente de tejido muscular, el cual forma sus paredes y proporciona la acción de bombeo.

Está localizado en el frente y al centro de la cavidad torácica, entre los pulmones, directamente detrás del esternón.

El interior del corazón esta dividido en dos mitades, separadas por una pared de tejido llamado septum, que no tienen contacto directo una a otra. Cada mitad está dividida en una cámara superior (la aurícula), la cual recibe sangre de las venas de su circuito, y una cámara inferior (el ventrículo) el cual toma sangre de la aurícula y la bombea hacia fuera vía la arteria principal. Ya que los ventrículos hacen la mayoría del bombeo, tienen las paredes más gruesas, con más músculo. Las arterias acarrean sangre del corazón a los capilares; las venas regresan la sangre de los capilares al corazón. Las arterias y venas se ramifican y ramifican muchas veces, muy parecido a un árbol. Los troncos cercanos al corazón son aproximadamente del diámetro de un dedo pulgar humano, mientras las ramas más pequeñas de las arterias y venas son microscópicas. Los capilares proporcionan las conexiones que dejan que la sangre fluya desde las arterias más pequeñas (arteriolas) a las venas más pequeñas (vénulas).

3-3.1.2 Los Circuitos Sistémico y Pulmonar. El sistema circulatorio consiste de 2 circuitos con la misma sangre fluyendo a través del cuerpo. El circuito pulmonar sirve a los capilares pulmonares; el circuito sistémico sirve a los capilares de los tejidos. Cada circuito tiene sus propias arterias, venas y su propia mitad de corazón como bomba. La Figura 3-2 muestra

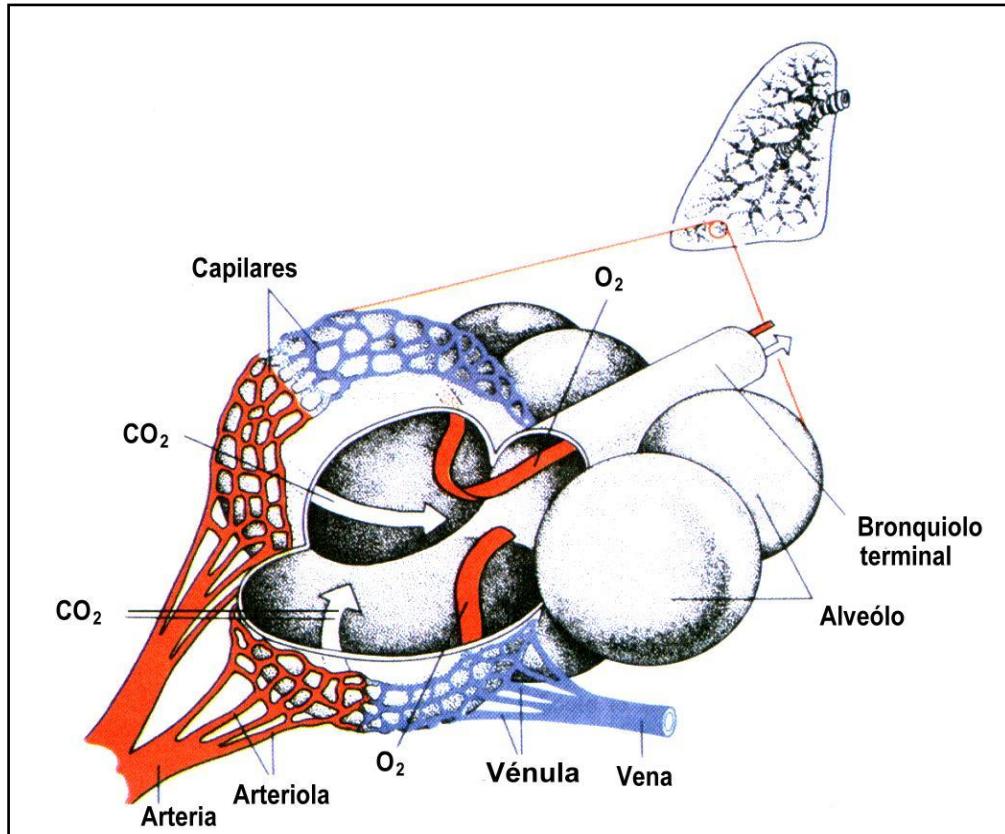


Figura 3-2. Respiración y Circulación Sanguínea. El sistema de intercambio de gases de los pulmones es esencialmente de tres bombas. El Tórax, una bomba de gas, mueve el aire a través de la tráquea y bronquios hasta los sacos de aire de los pulmones. Estos sacos, el alvéolo, son mostrados con y sin su cubierta de capilares pulmonares. El ventrículo derecho del corazón, una bomba de líquido, mueve la sangre la cual es baja en oxígeno y alta en bióxido de carbono, al interior de los capilares pulmonares. El oxígeno del aire se difunde dentro de la sangre mientras el bióxido de carbono se difunde desde la sangre hacia el aire en los pulmones. La sangre oxigenada se mueve al ventrículo izquierdo, otra bomba de líquido, la cual envía la sangre a los capilares sistémicos los cuales entregan el oxígeno hacia y remueven el bióxido de carbono de las células corporales.

como está compuesto el sistema circulatorio. En la circulación completa, la sangre pasa primero a través de un circuito y luego al otro, yendo a través del corazón dos veces en cada circuito completo.

3-3.2

Función Circulatoria. La sangre sigue un circuito continuo a través del cuerpo humano. La sangre que sale o deja un capilar en un músculo o en uno de los órganos, ha perdido la mayoría de su O_2 y está cargada con CO_2 . La sangre fluye a través de las venas del cuerpo hacia las venas principales en el tórax superior (las venas cava superior e inferior). La vena cava superior recibe sangre de la mitad superior del cuerpo; la vena cava inferior recibe sangre de las áreas del cuerpo por debajo del diafragma. La sangre fluye dentro de la aurícula derecha y de ahí a través de la válvula tricúspide hacia el ventrículo derecho.

La siguiente contracción del corazón fuerza la sangre a través de la válvula pulmonar hacia la arteria pulmonar. La sangre entonces va a través de las ramificaciones arteriales de los pulmones hasta los capilares pulmonares, donde toma lugar la transferencia de gas con el aire. Por difusión, la sangre intercambia gas inerte así como CO_2 y O_2 con el aire en los pulmones. La sangre retorna entonces al corazón vía el sistema venoso pulmonar y entra a la aurícula izquierda.

La próxima relajación la encuentra yendo a través de la válvula mitral hacia el ventrículo izquierdo para ser bombeada a través de la válvula aórtica hacia la arteria principal (aorta) del circuito sistémico. La sangre entonces fluye a través de las ramificaciones arteriales de la aorta, en conductos sucesivamente más pequeños hasta alcanzar los capilares, donde intercambia O₂ por CO₂. La sangre ahora está lista para otro viaje a los pulmones y regresar otra vez.

Los largos conductos sanguíneos son algo más que elásticos y tienen paredes musculares. Ellos se dilatan y contraen conforme la sangre es bombeada fuera del corazón, manteniendo un lento pero adecuado flujo (perfusión) a través de los capilares.

3-3.3 Componentes de la Sangre. El cuerpo humano promedio contiene 5 litros de sangre aproximadamente. El O₂ es transportado principalmente en la red de corpúsculos (glóbulos rojos). Hay aproximadamente 300 millones de glóbulos rojos en una gota de sangre medida/promedio. Estos corpúsculos son células pequeñas en forma de disco que contienen hemoglobina para captar O₂. La hemoglobina es un compuesto químico complejo que contiene hierro. Puede formar una débil combinación química con el O₂, absorbiéndolo casi como una esponja absorbe un líquido. La hemoglobina es roja brillante cuando es rica en O₂; llega a oscurecerse paulatinamente conforme pierde O₂. La hemoglobina gana o pierde O₂ dependiendo de la presión parcial de O₂ a la que está expuesta. La hemoglobina toma alrededor del 98% del O₂ que puede llevar cuando es expuesta a la presión parcial normal de O₂ en los pulmones. Ya que las células están usando O₂, la presión parcial (tensión) en los tejidos es muy baja y la hemoglobina cede mucho de su O₂ en los capilares de los tejidos.

En la sangre se disuelven formas ácidas como el CO₂. Los amortiguadores neutralizan a los ácidos en la sangre y permiten que grandes cantidades de CO₂ sean llevadas hacia fuera para prevenir un exceso de acidez. La hemoglobina también juega un importante papel en el transporte de CO₂. La toma o pérdida de CO₂ por la sangre depende principalmente de la presión parcial (o tensión) del gas en el área donde la sangre es expuesta. Por ejemplo, en los tejidos periféricos, el CO₂ se difunde dentro de la sangre y el O₂ se difunde a los tejidos.

La sangre también contiene células blancas, las cuales sirven para combatir infecciones, y plaquetas, las cuales son células esenciales en la coagulación sanguínea. El plasma es una porción acuosa e incolora de la sangre. Contiene una gran cantidad de material disuelto esencial para la vida. La sangre también contiene varias substancias, tales como el fibrinógeno, asociado con la coagulación. Sin la capacidad de coagulación, aún el más ligero daño corporal podría causar la muerte.

3-4 EL SISTEMA RESPIRATORIO

Cada célula del cuerpo debe obtener energía para mantenerse con vida, crecer y funcionar. Las células obtienen su energía de la oxidación, la cual es una combustión lenta y controlada de los materiales alimenticios. La combustión requiere combustible y oxígeno. La respiración es el proceso de intercambio de O₂ y CO₂ durante la oxidación y la liberación de energía y agua.

3-4.1 Intercambio de Gas. Pocas de las células del cuerpo están lo suficientemente cerca de la superficie del cuerpo para tener cualquier oportunidad de obtener O₂ y expulsar CO₂ por difusión directa con el aire. En lugar de esto, el intercambio de gases toma lugar vía la circulación sanguínea. La sangre es expuesta al aire sobre una gran superficie de difusión cuando pasa a través de los pulmones. Cuando la sangre alcanza los tejidos, los pequeños conductos capilares proporcionan otra gran superficie donde la sangre y los fluidos tisulares están en estrecho contacto. Los gases se difunden fácilmente en ambos extremos del circuito y la sangre tiene la remarcable habilidad para transportar O₂ y CO₂. Este sistema normalmente trabaja tan bien que aún las células más profundas del cuerpo pueden obtener

O₂ y quitarse de encima el exceso de CO₂ casi tan fácilmente como si estuvieran completamente rodeadas de aire.

Si la superficie de membrana en el pulmón, donde la sangre y aire llegan a juntarse, fuera una hoja de tejido expuesta como la piel, las corrientes naturales de aire mantendrían el aire fresco en contacto con ella. Realmente, esta superficie de membrana pulmonar es muchas veces más grande que el área de piel y está plegada y comprimida dentro del pequeño espacio de los pulmones, los cuales están protegidos dentro de la caja ósea del tórax. Esto hace necesario mover el aire continuamente dentro y fuera de este espacio. El proceso de respiración y el intercambio de gases en los pulmones es referido como ventilación e intercambio pulmonar de gases, respectivamente.

3-4.2

Fases de la Respiración. El proceso completo de respiración incluye seis fases importantes:

1. Ventilación de los pulmones con aire fresco
2. Intercambio de gases entre la sangre y el aire en los pulmones
3. Transporte de gases por la sangre
4. Intercambio de gases entre la sangre y los fluidos de los tejidos
5. Intercambio de gases entre los fluidos de los tejidos y las células
6. Uso y producción de gases por las células

Si cualquiera de estos procesos se para o es obstruido seriamente, las células afectadas no podrían funcionar normalmente o sobrevivir por mucho tiempo. Las células de tejido cerebral, por ejemplo, paran de trabajar casi inmediatamente y morirían o se lesionarían permanentemente en pocos minutos si su suministro de O₂ es cortado completamente.

El sistema respiratorio es un complejo de órganos y estructuras que ejecutan la ventilación pulmonar del cuerpo y el intercambio de O₂ y CO₂ entre el aire del ambiente y la sangre que circula a través de los pulmones. También calienta el aire que entra al cuerpo y asiste en la función del habla proporcionando aire a la laringe y cuerdas vocales. El tracto respiratorio está dividido en tracto superior e inferior.

3-4.3

Tracto Respiratorio Superior e Inferior. El tracto respiratorio superior consiste de la nariz, cavidad nasal, senos frontales, senos maxilares, laringe y tráquea. El tracto respiratorio superior lleva aire a y desde los pulmones; y filtra, humedece y calienta el aire durante cada inhalación.

El tracto respiratorio inferior consiste de los bronquios derecho e izquierdo y de los pulmones, donde ocurre el intercambio de O₂ y CO₂ durante el ciclo respiratorio. Los bronquios se dividen en pequeños bronquiolos en los pulmones, y estos a su vez se dividen en ductos alveolares, los ductos en sacos alveolares y los sacos en alvéolos. Los sacos alveolares y los alvéolos tienen alrededor de 850 pies³ de espacio para el intercambio de O₂ y CO₂ que ocurre entre la superficie alveolar interna y los delgados capilares que rodean la pared alveolar externa.

3-4.4

Los Aparatos Respiratorios. El mecanismo de toma de aire fresco a los pulmones (inspiración o inhalación) y la expulsión de los pulmones del aire usado (expiración o exhalación) está dibujado en la Figura 3-3. Mediante la elevación de las costillas y el descenso del diafragma, se incrementa el volumen de los pulmones. Así, de acuerdo con la Ley de Boyle, se crea una baja presión dentro de los pulmones y el aire fresco se introduce

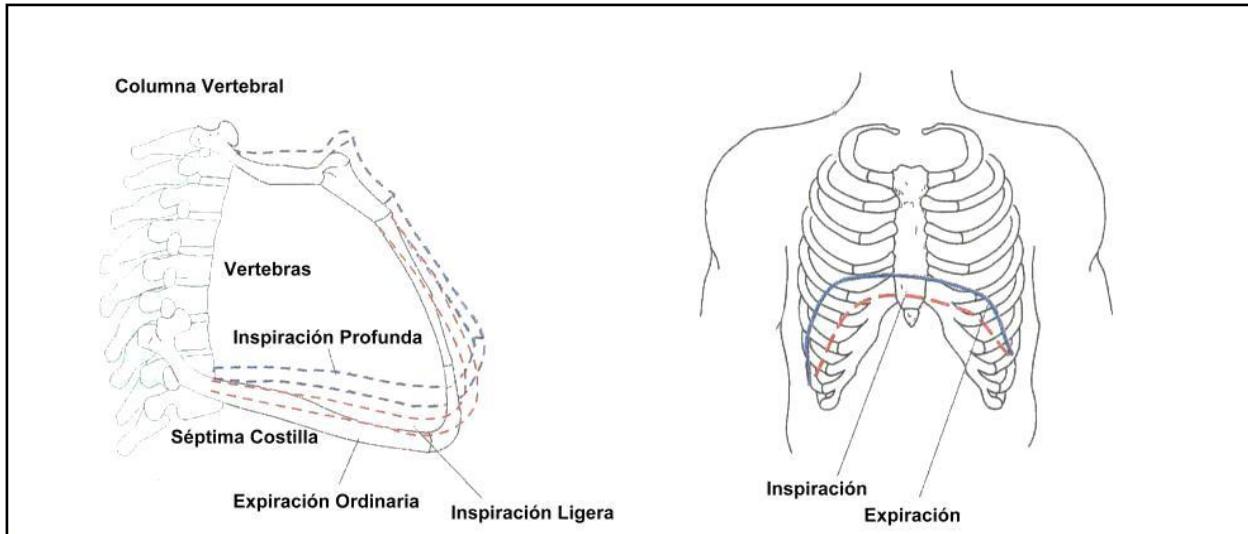


Figura 3-3. Proceso de Inspiración. La inspiración envuelve tanto la elevación de las costillas (panel izquierdo) como el descenso del diafragma (panel derecho). Ambos movimientos agrandan el volumen de la cavidad torácica e inundan los pulmones de aire.

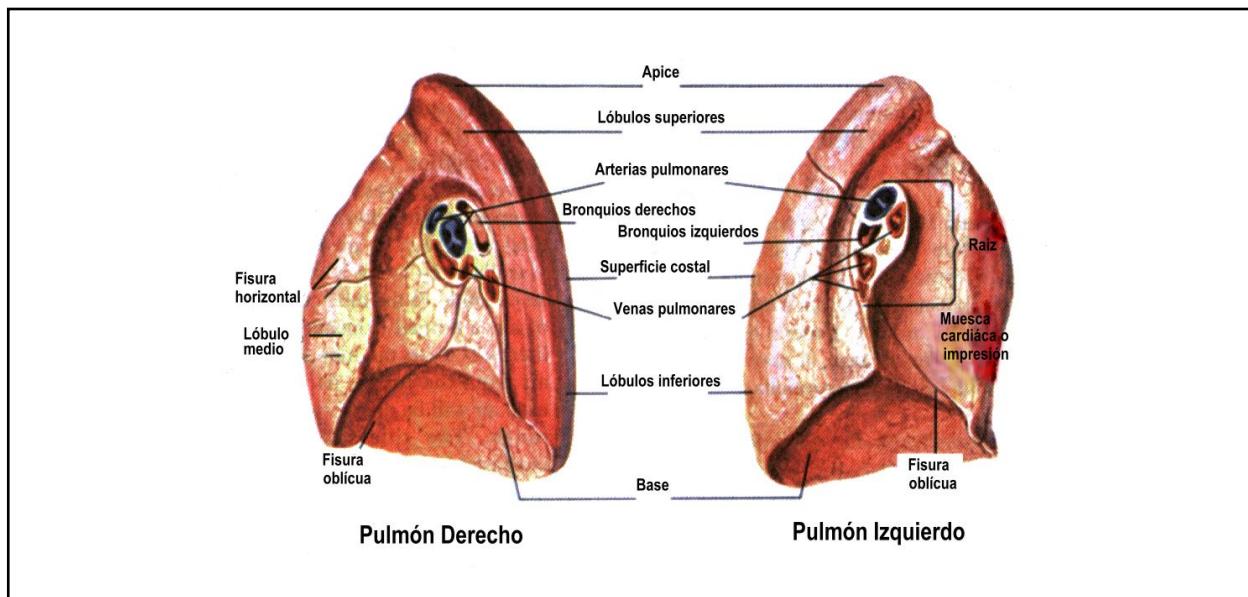


Figura 3-4. Pulmones Vistos desde un Aspecto Médico.

para igualar esta baja presión. Cuando las costillas bajan otra vez y el diafragma se eleva a su posición original, se crea una alta presión dentro de los pulmones, expulsando el aire usado.

3-4.4.1

La Cavidad Torácica. La cavidad torácica no tiene espacio entre la superficie exterior del pulmón, las paredes torácicas que lo rodean y el diafragma. Ambas superficies están cubiertas por membranas; la pleura visceral cubre el pulmón y la pleura parietal forra la pared torácica. Estas pleuras están separadas una de la otra por una pequeña cantidad de fluido que actúa como lubricante para permitir que las membranas se deslicen libremente sobre ellas mismas cuando los pulmones se expandan y contraigan durante la respiración.

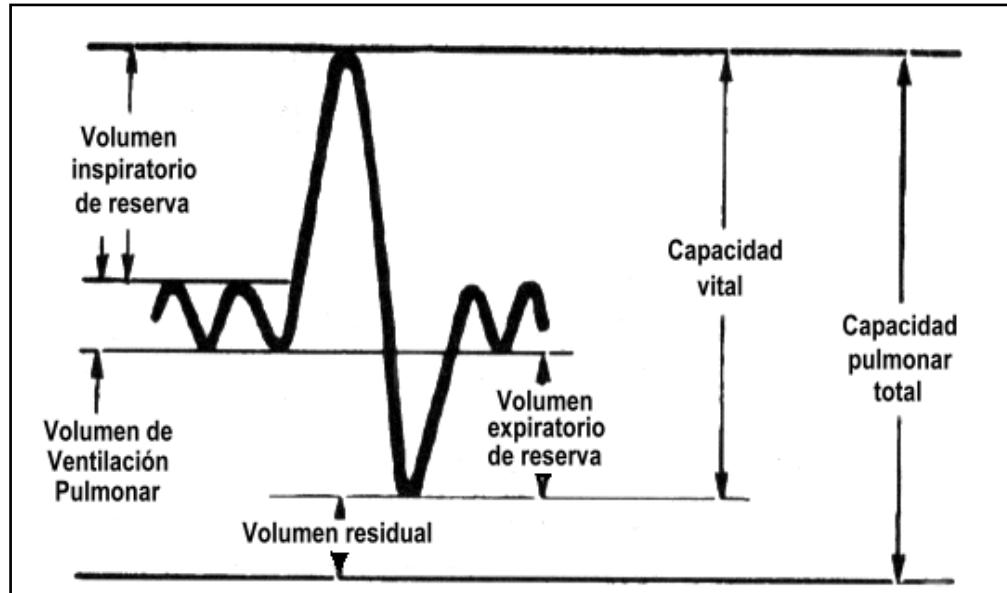


Figura 3-5. Volúmenes Pulmonares. La línea gruesa es una gráfica, derivada de la respiración de un sujeto hacia y desde un fuelle de grabación sellado. Después de varias respiraciones normales, hizo una inhalación profunda y después una exhalación profunda. El volumen de aire movido durante este esfuerzo máximo es llamado capacidad vital. Durante el ejercicio, el volumen de ventilación pulmonar aumenta, usando parte del volumen inspiratorio y expiratorio de reserva. Sin embargo, el volumen de ventilación pulmonar, nunca puede exceder la capacidad vital. El volumen residual es la cantidad de aire que permanece en los pulmones después de la exhalación más forzada. La suma de la capacidad vital y del volumen residual es la capacidad pulmonar total.

3-4.4.2

Los Pulmones. Los pulmones son un par de órganos ligeros y esponjosos dentro del tórax y constituyen el principal componente del sistema respiratorio (vea la Figura 3-4). La alta elasticidad de los pulmones es el principal mecanismo del cuerpo para inspirar aire del cual se extrae el O₂ para el sistema sanguíneo arterial y para exhalar el CO₂ disperso en el sistema venoso. Los pulmones están compuestos de lóbulos que son suaves y brillantes en su superficie. Los pulmones contienen millones de pequeños sacos aéreos (alvéolos) expandibles conectados a los pasajes aéreos. Estos pasajes se ramifican y ramifican como las ramas de los árboles. El aire que entra en las vías aéreas principales de los pulmones gana acceso a la superficie entera de estos alvéolos. Cada alvéolo esta forrado con una membrana delgada y es rodeado por una red de conductos muy pequeños que hacen la cama capilar de los pulmones. La mayoría de la membrana pulmonar tiene aire en un lado y sangre en el otro; la difusión de los gases toma lugar libremente en cualquier dirección.

3-4.5

Definiciones de la Ventilación del Tracto Respiratorio. La ventilación del sistema respiratorio establece la apropiada composición de los gases en el alvéolo para el intercambio con la sangre. Las siguientes definiciones ayudan en el entendimiento de la respiración (Figura 3-5).

3-4.5.1

Ciclo Respiratorio. El *ciclo respiratorio* es una respiración completa que consiste de una inspiración y exhalación, incluyendo cualquier pausa entre los movimientos.

3-4.5.2

Frecuencia Respiratoria. El número de ciclos respiratorios completos que toman lugar en 1 minuto es la *frecuencia respiratoria*. En reposo, un adulto normal tendrá una frecuencia respiratoria de aproximadamente 12 a 16 respiraciones por minuto.

3-4.5.3

Capacidad Pulmonar Total. La *capacidad pulmonar total* (TLC) es el volumen total de aire que los pulmones pueden retener cuando son llenados a su capacidad. La TLC normalmente es de entre 5 y 6 litros.

- 3-4.5.4** **Capacidad Vital.** La *capacidad vital* es el volumen de aire que puede ser expelido de los pulmones después de una inspiración completa. La capacidad vital promedia de entre 4 y 5 litros.
- 3-4.5.5** **Volumen de Ventilación Pulmonar.** Es el volumen de aire movido dentro y fuera durante un ciclo respiratorio normal sencillo. En reposo, el volumen de ventilación pulmonar promedia generalmente alrededor de 1.5 litros. Este volumen se incrementa considerablemente durante el ejercicio físico y no puede exceder la capacidad vital.
- 3-4.5.6** **Volumen Respiratorio Minuto.** El *volumen respiratorio minuto* (RMS) es la cantidad total de aire movido dentro y fuera de los pulmones en un minuto. El volumen respiratorio minuto es calculado multiplicando el volumen de ventilación pulmonar por la frecuencia. El RMV varía grandemente con la actividad del cuerpo. Es de alrededor de 6 a 10 litros por minuto en completo reposo y puede estar sobre los 100 litros por minuto durante trabajo severo.
- 3-4.5.7** **Capacidad Respiratoria Máxima y Volumen Respiratorio Máximo.** La *capacidad respiratoria máxima* (MBC) y el *volumen respiratorio máximo* (MVV) son los volúmenes respiratorios por minuto más grande que una persona puede producir durante un corto periodo de respiración extremadamente forzada. En un hombre sano joven, pueden promediar cuando mucho 180 litros por minuto (el rango es de 140 a 240 litros por minuto).
- 3-4.5.8** **Proporción de Flujo Inspiratorio Máximo y Proporción de Flujo Expiratorio Máximo.** La *proporción de flujo inspiratorio máximo* (MIFR) y la *proporción de flujo expiratorio máximo* (MEFR) son las frecuencias más rápidas a las cuales el cuerpo puede mover gases dentro y fuera de los pulmones. Estas medidas son importantes en el diseño de equipo de respiración y para el cálculo de gas usado bajo varias cargas de trabajo. Las proporciones de flujo usualmente son expresadas en litros por segundo.
- 3-4.5.9** **Cociente Respiratorio.** El *cociente respiratorio* (RQ) es la proporción de la cantidad de CO₂ producido a la cantidad de O₂ consumido durante procesos celulares por unidad de tiempo. Este valor está en el rango de 0.7 a 1.0 dependiendo de la dieta y el ejercicio físico y normalmente se supone ser por cálculos de 0.9. Esta relación es significativa cuando se calcula la cantidad de CO₂ que será producida como O₂ es usado a varias cargas de trabajo mientras se usa un aparato de respiración con circuito cerrado. La duración de la canastilla de absorbente de CO₂ puede entonces ser comparada a la duración del suministro de O₂.
- 3-4.5.10** **Espacio Respiratorio Muerto.** El *espacio respiratorio muerto* se refiere a la parte del sistema respiratorio que no tiene alvéolos y en la que poco o ningún intercambio de gas toma lugar entre el aire y la sangre. Normalmente tiene cantidades menores que 0.2 litros. El aire que ocupa este espacio muerto al final de la exhalación es respirado en la siguiente inspiración. Partes de un aparato de respiración de un buzo pueden agregarse al volumen de espacio muerto y así reducir la cantidad del volumen de ventilación pulmonar que sirve para el propósito de respiración. Para compensarlo, el buzo debe incrementarlo. El problema puede ser mejor visualizado usando un tubo de respiración como un ejemplo. Si el tubo contiene un litro de aire, una exhalación normal de alrededor de un litro dejará el tubo lleno con el aire usado de los pulmones. A la inhalación, el aire usado será aspirado otra vez por los pulmones. El volumen de ventilación pulmonar deberá incrementarse por más de 1 litro para aspirar el necesario suministro fresco, porque cualquier aire fresco será diluido por el aire en el espacio muerto. Así, el aire que es tomado dentro de los pulmones (aire inspirado) es una mezcla de aire fresco y gases del espacio muerto.
- 3-4.6** **Intercambio de Gas Alvéolo/Capilar.** Dentro del espacio aéreo alveolar, la composición del aire (aire alveolar) es cambiada por la eliminación de CO₂ de la sangre, la absorción de O₂ por la sangre y la adición de vapor de agua. El aire que es exhalado es una mezcla de aire alveolar y del aire inspirado que permanecía en el espacio muerto.

La sangre en la cama capilar de los pulmones esta expuesta a las presiones de los gases del aire alveolar a través de las delgadas membranas de los sacos aéreos y de las paredes capilares. Con esta exposición tomando lugar sobre una vasta superficie, la presión de gas en la sangre que deja los pulmones es aproximadamente igual a la presente en el aire alveolar.

Esta sangre arterial pasa a través de la red capilar que rodea las células en los tejidos del cuerpo, es expuesta a e igualada con la presión de gas de los tejidos. Algo del O₂ sanguíneo es absorbido por las células y el CO₂ es tomado de estas. Cuando la sangre retorna a los capilares pulmonares y es expuesta al aire alveolar, la presión parcial de los gases entre la sangre y el aire alveolar es igualada otra vez.

El CO₂ se difunde desde la sangre al aire alveolar, bajando su presión, y el O₂ es absorbido por la sangre desde el aire alveolar, incrementando su presión. Con cada ronda completa de circulación, la sangre es el medio a través del cual ocurre este proceso de intercambio de gas. Cada ciclo normalmente requiere de 20 segundos aproximadamente.

3-4.7

Control de la Respiración. La cantidad de O₂ consumido y el CO₂ producido se incrementan marcadamente cuando un buzo está trabajando. La cantidad de sangre bombeada por minuto a través de los tejidos y los pulmones, se incrementa en proporción a la cantidad a la cual estos gases deben ser transportados. Como resultado, más O₂ es tomado del aire alveolar, y más CO₂ es llevado a los pulmones para eliminarlo. Para mantener el nivel de sangre apropiado, el volumen respiratorio por minuto también debe cambiar en proporción al consumo de O₂ y salida de CO₂.

Los cambios en la presión parcial de oxígeno y bióxido de carbono (ppO₂ y ppCO₂) en la circulación arterial activa quimiorreceptores centrales y periféricos. Estos están colocados en arterias importantes. Los más importantes son los cuerpos carotídeos en el cuello y los cuerpos aórticos cerca del corazón. El quimiorreceptor en la arteria carótida es activado por la ppCO₂ en la sangre y manda señales al centro respiratorio en el tallo cerebral para incrementar o disminuir la respiración. El quimiorreceptor en la aorta causa el reflejo del cuerpo aórtico. Este es un reflejo químico normal iniciado por la disminución de la concentración de O₂ y el incremento de la concentración de CO₂ en la sangre. Estos cambios resultan en impulsos nerviosos que incrementan la actividad respiratoria. La tensión baja de O₂ por sí sola no aumenta la respiración marcadamente hasta que se alcanzan niveles peligrosos. La parte que juegan los quimiorreceptores son evidentes en procesos normales tales como la contención de la respiración.

Como resultado de los procesos reguladores y los ajustes que ellos causan, la sangre que deja los pulmones generalmente tiene alrededor de los mismos niveles de O₂ y CO₂ durante trabajo que estando en reposo. La capacidad máxima de bombeo del corazón (circulación sanguínea) y el sistema respiratorio (ventilación) determina grandemente la cantidad de trabajo que una persona puede hacer.

3-4.8

Consumo de Oxígeno. El consumo de O₂ de un buzo es un factor importante cuando se determina que tanto durará el gas de respiración, las proporciones de ventilación requeridas para mantener en el casco el nivel de O₂ apropiado, y cuanto tiempo absorberá CO₂ una canastilla. El consumo de O₂ es una medida de gasto de energía y está estrechamente ligada a los procesos respiratorios de ventilación y producción de CO₂.

El consumo de O₂ es medido en litros por minuto (l/min.) a Temperatura (0° C, 32° F) y Presión (14.7 psia, 1 ata) Estándar, de Gas Seco (STPD). Estas proporciones de consumo de oxígeno no dependen de la profundidad. Esto significa que una botella de O₂ del MK 16, totalmente cargada conteniendo 360 litros estándar (3.96 scf) de gas utilizable, durará 225 minutos con un consumo estándar de O₂ de 1.6 l/min. a cualquier profundidad, a condición de que no tenga fugas el equipo.

La Ventilación Minuto, o Volumen Respiratorio Minuto (RMV), es medida en BTPS (temperatura del cuerpo 37° C/98.6° F, a presión barométrica ambiente, saturado con vapor de agua a la temperatura del cuerpo) y varía dependiendo del nivel de actividad en una persona, como se muestra en la Figura 3-6. En la superficie el RMV puede aproximarse multiplicando el consumo de O₂ por 25. Aunque esta proporción 25:1 disminuye con el incremento de la densidad del gas y con las altas concentraciones de O₂ inhalado, es un buen método empírico para calcular con aproximación que tanto va a durar el gas respirable.

A diferencia del consumo de O₂, la cantidad de gas exhalado por los pulmones depende de la profundidad. En la superficie, un buzo nadando a 0.5 nudos exhala 20 l/min. de gas. Un cilindro scuba conteniendo 71.2 p³ estándar (scf) de aire (aproximadamente 2,000 litros estándar) dura aproximadamente 100 minutos. A 33 fsw, el buzo todavía exhala 20 l/min. a BTPS, pero el gas es el doble de denso; así, la exhalación sería aproximadamente 40 l/min. estándar, y el cilindro duraría solamente la mitad o 50 minutos. A 3 atmósferas, el mismo cilindro solamente duraría un tercio de lo que dura en superficie.

La proporción de CO₂ depende solamente del nivel de ejercicio y puede asumirse que es independiente de la profundidad. La producción de CO₂ y el cociente respiratorio (RQ) es usada para calcular la ventilación de las cámaras y cascos de buceo de flujo libre. Estos factores también pueden ser usados para determinar si el suministro de O₂ o la duración del absorbente de CO₂ limitará el tiempo del buzo en un sistema de circuito semicerrado.

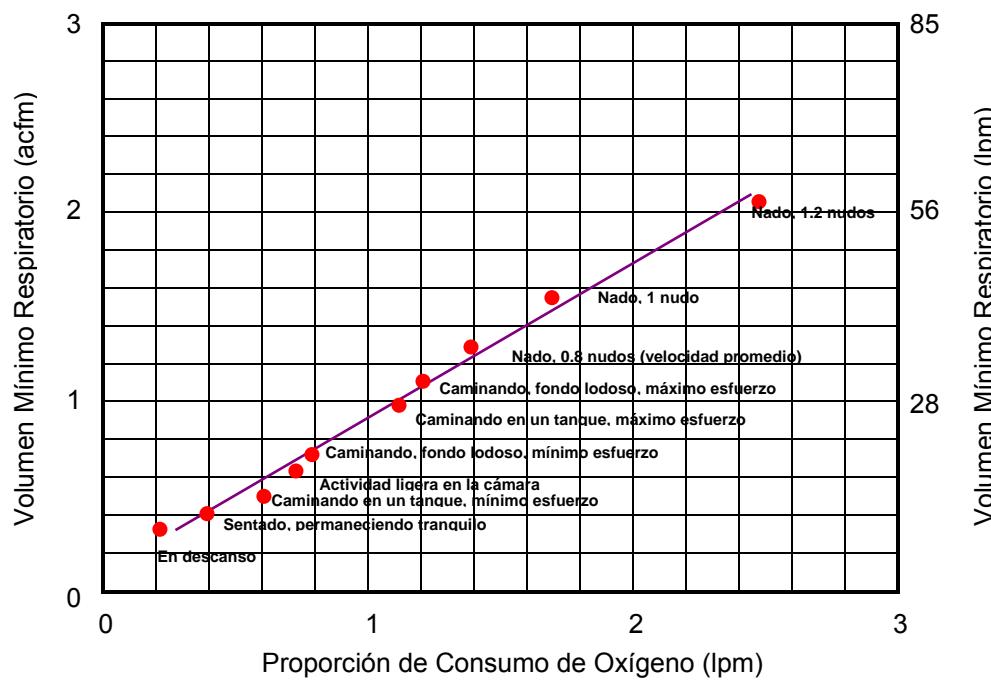
3-5 PROBLEMAS RESPIRATORIOS EN BUCEO

Los problemas fisiológicos frecuentemente ocurren cuando los buzos están expuestos a la presión de la profundidad. Sin embargo, algunas de las dificultades relacionadas al proceso respiratorio pueden ocurrir en cualquier momento debido a un inadecuado suministro de O₂ o inadecuada remoción de CO₂ de los tejidos celulares. La profundidad puede modificar estos problemas para el buzo, pero las dificultades básicas son las mismas. Afortunadamente, el buzo tiene reservas fisiológicas normales para adaptarse a los cambios ambientales y solo es marginalmente consciente de los pequeños cambios. El trabajo extra en la respiración reduce la habilidad del buzo para hacer trabajo pesado a profundidad, pero puede hacerse trabajo moderado con equipo adecuado a las máximas profundidades alcanzadas en buceo actualmente.

3-5.1 Deficiencia de Oxígeno (Hipoxia). La deficiencia de oxígeno, o *hipoxia*, es una deficiencia anormal de O₂ en la sangre arterial que causa que los tejidos celulares sean incapaces de recibir suficiente O₂ para mantener la función normal. Una hipoxia severa parará la función normal de cualquier tejido celular en el cuerpo, y eventualmente lo matará, pero las células del tejido cerebral son por mucho las más susceptibles a sus efectos.

La presión parcial del oxígeno determina si la cantidad de oxígeno en un medio respiratorio es adecuada. Por ejemplo, el aire contiene alrededor de 21% de oxígeno y así proporciona una presión parcial de 0.21 ata en la superficie. Este es un ejemplo, pero una caída de 0.14 ata provoca la aparición de síntomas hipóticos en la superficie. Si la presión parcial de oxígeno baja tanto como 0.11 ata en la superficie, la mayoría de los individuos estarán hipóticos al punto de estar casi desvalidos. La conciencia usualmente se pierde alrededor de 0.10 ata y muy debajo de este nivel, ocurrirán daños cerebrales permanentes y probablemente la muerte. En el buceo, un porcentaje más bajo bastará mientras que la presión total sea suficiente para mantener una ppO₂ adecuada. Por ejemplo, 5% de oxígeno dará un ppO₂ de 0.20 ata para un buzo a 100 fsw. Sin embargo, en el ascenso, el buzo experimentaría una hipoxia rápidamente si el porcentaje de oxígeno no fuera incrementado.

3-5.1.1 Causas de la Hipoxia. Las causas de la hipoxia varían, pero todas interfieren con el suministro normal de O₂ al cuerpo. Para los buzos, la interferencia en la entrega de O₂ puede ser causada por:



Trabajo	VO ₂ (lpm)	RMV (acfmin)	RMV (lpm)	Nivel de Trabajo
Descanso	0.24	0.35	10	-----
Sentado, permaneciendo tranquilo	0.40	0.42	12	Ligero
Caminando en un tanque, mínimo esfuerzo	0.58	0.53	15	Ligero
Actividad ligera en la cámara	0.70	0.64	18	Ligero
Caminando, fondo lodoso, mínimo esfuerzo	0.80	0.71	20	Moderado
Caminando en un tanque, máximo esfuerzo	1.10	0.99	28	Moderado
Caminando, fondo lodoso, máximo esfuerzo	1.20	1.14	32	Moderado
Nadando, 0.8 nudos (velocidad promedio)	1.40	1.34	38	Moderado
Nadando, 1 nudo	1.70	1.59	45	Pesado
Nadando, 1.2 nudos	2.50	2.12	60	Severo

Figura 3-6. Consumo de Oxígeno y Volumen Respiratorio Minuto (RVM) a Diferentes Ritmos de Trabajo.

- Problemas en el equipo tales como baja presión parcial de O₂ en la mezcla respiratoria, inadecuado flujo de gas, inadecuada purga de las bolsas de respiración en los UBA de circuito cerrados con oxígeno, como el LAR V, o bloqueo del orificio de inyección de gas fresco en un UBA de circuito semicerrado.
- Bloqueo parcial o total de los pasajes aéreos del sistema pulmonar por vómitos, secreciones, agua, cuerpos extraños o neumomediastino.
- Neumotórax o parálisis de los músculos respiratorios por daño en la médula espinal.
- Disminuido intercambio de oxígeno en la membrana alvéolo/capilar causado por la acumulación de fluidos en los tejidos (edema), una unión deficiente del flujo sanguíneo y la ventilación alveolar, daño pulmonar por ahogamiento incompleto o inhalación de humo, por choque o broncoespasmo debidos a irritación pulmonar debido a flujos de burbujas en la circulación.
- Problemas fisiológicos tales como anemia o inadecuado flujo de sangre que interfiere con la transportación de oxígeno en la sangre. El edema puede interferir con el intercambio de gases en las áreas alveolares y de tejidos, y el envenenamiento por monóxido de carbono pueden interferir con la utilización del oxígeno al nivel celular.
- Hiperventilación seguida por la contención de la respiración, la cual puede llevar a una hipoxia severa. La hiperventilación baja el bióxido de carbono en el cuerpo más allá del nivel normal (una condición conocida como hipocapnia), y puede prevenir el mecanismo de control que estimula la respiración a responder hasta que la tensión del oxígeno haya caído por debajo del nivel necesario para mantener la conciencia. Contener la respiración por más tiempo después de una hiperventilación no es un procedimiento seguro. Refiérase al [Párrafo 3-7](#) para más información sobre la hiperventilación y sus riesgos.

3-5.1.2

Síntomas de Hipoxia. El tejido cerebral es por mucho el más susceptible a los efectos de la hipoxia. Puede ocurrir inconsciencia y muerte por hipoxia cerebral antes que los efectos en otros tejidos sean muy notables.

No hay ningún aviso confiable de la aparición de la hipoxia. Puede ocurrir inesperadamente, haciendo de esta un serio riesgo. Un buzo que pierde el suministro de aire está en peligro de hipoxia, pero él sabe que está en peligro y usualmente tiene tiempo para hacer algo al respecto. El tiene más suerte que un buzo quien gradualmente usa el oxígeno en un equipo de respiración de oxígeno con circuito cerrado, y no tiene aviso de la inminente inconsciencia.

Cuando se desarrolla la hipoxia, aumenta el pulso y la presión sanguínea conforme el cuerpo trata de eliminar la hipoxia circulando más sangre. También puede ocurrir un pequeño aumento en la respiración. También, con la hipoxia, puede ocurrir un tono azulado (cianosis) en los labios, uñas y piel. Puede no ser notado por el buzo y a menudo no es una indicación confiable de hipoxia, aún para los observadores entrenados en la superficie. Los mismos signos pueden ser causados por una prolongada exposición a aguas frías.

Si la hipoxia se desarrolla gradualmente, aparecerán los síntomas de interferencia con la función cerebral. Sin embargo, ninguno de estos síntomas son suficientes advertencias y muy poca gente es hábil para reconocer los efectos mentales de la hipoxia a tiempo para hacer las acciones correctivas.

Los síntomas de la hipoxia incluyen:

- Falta de concentración.
- Falta de control muscular.

- Inabilidad para realizar trabajos delicados o que requieran destreza.
- Somnolencia
- Debilidad
- Agitación
- Euforia
- Perdida de la conciencia

3-5.1.3 Tratamiento de la Hipoxia. Un buzo sufriendo de hipoxia severa debe ser rescatado rápidamente. La interferencia de la hipoxia con las funciones cerebrales produce no solo inconsciencia sino también falla en los centros de control de la respiración. Si a una víctima de hipoxia se le da gas con el contenido de O₂ adecuado antes de que se detenga su respiración, generalmente recupera la conciencia en breve tiempo y se recupera completamente. Para los buzos scuba, esto generalmente involucra llevar al buzo a superficie. Para buzos con mezcla de gas suministrada desde superficie, implica cambiar el suministro de gas a bancos alternos y ventilar el casco o la cámara con el nuevo gas. Los detalles de tratamiento están cubiertos en el Volumen 3.

3-5.1.4 Prevención de la Hipoxia. Por su naturaleza insidiosa y resultado potencialmente fatal, es esencial la prevención de la hipoxia. En scuba de circuito abierto y cascos, la hipoxia es improbable a menos que el suministro de gas tenga un contenido de oxígeno muy bajo. En operaciones con mezcla de gases, debe ponerse estricta atención al análisis de gas, cilindros en línea y procedimientos de chequeo previos al buceo. En los UBA de circuito cerrado y semicerrado, un mal funcionamiento puede causar hipoxia aún aunque se esté usando el gas apropiado. Controlado electrónicamente, un UBA de circuito totalmente cerrado como el MK 16, tiene sensores de oxígeno para leer la ppO₂, pero los buzos deben estar alerta constantemente a la posibilidad de hipoxia por falla del UBA. **Los sensores de oxígeno deben verificarse constantemente durante el buceo con UBA MK 16 de circuito cerrado. La bolsa de respiración del UBA MK 25 debe ser purgada de acuerdo con los Procedimientos de Operación (OP).** No se debe entrar a las cámaras que tengan una atmósfera de mezcla de gases, que hayan alcanzado la superficie recientemente, hasta que éstas estén completamente ventiladas con aire.

3-5.2 Toxicidad por Bióxido de Carbono (Hipercapnia). La toxicidad por bióxido de carbono, o *hipercapnia*, es un nivel anormalmente alto de bióxido de carbono en los tejidos corporales.

3-5.2.1 Causas de Hipercapnia. En operaciones de buceo, la hipercapnia generalmente es el resultado de un incremento de bióxido de carbono en el suministro respiratorio o en el cuerpo causado por:

- Inadecuada ventilación de cascos suministrados desde superficie.
- Exceso de bióxido de carbono en el suministro de gas del casco (falla de la canastilla de absorbente de CO₂) en buceos con mezcla de gases.
- Falla de la canastilla de absorbente de bióxido de carbono en UBA de circuito cerrado o semicerrado.
- Inadecuada ventilación pulmonar con relación al nivel de ejercicio (causada por respiración controlada, excesiva resistencia en aparatos respiratorios, presión parcial de oxígeno aumentada o densidad de gas aumentada).

- Cualquier causa de aumento de espacios muertos, tales como respiración superficial o rápida a través de un snorkel.

3-5.2.2

Síntomas de Hipercapnia. El equipo de respiración submarina está diseñado para mantener el CO₂ debajo de 1.5% durante trabajo pesado. La causa más común de hipercapnia es la falla para ventilar el casco adecuadamente. Esto puede ocurrir por una técnica de respiración inadecuadas o excesiva resistencia a la respiración; un buzo puede envenenarse a sí mismo por ventilar sus pulmones inadecuadamente. Esto pasa primariamente cuando un buzo scuba trata de conservar su suministro respiratorio reduciendo su frecuencia respiratoria por debajo de un nivel seguro (respiración en saltos). La ventilación pulmonar inadecuada es más común en buceo que en actividades en superficie por dos razones. Primero, algunos buzos tienen una baja capacidad para incrementar su ventilación pulmonar de cara al incremento de los niveles de CO₂ en la sangre. Segundo, la generalmente alta ppO₂ encontrada en buceo toma algo más allá de la no confortable respiración recortada que acompaña la inadecuada ventilación pulmonar.

La hipercapnia afecta de manera diferente al cerebro de lo que lo hace la hipoxia. Sin embargo, puede resultar en síntomas similares como confusión, incapacidad para concentrarse, somnolencia, perdida de la conciencia y convulsiones. Tales efectos llegan a ser más severos si el grado de exceso se incrementa. Un buzo respirando un gas con 10% de CO₂ generalmente perderá la conciencia después de pocos minutos. Respirando 15% de bióxido de carbono por cualquier periodo de tiempo causa espasmos musculares y rigidez.

Un buzo que pierde la conciencia por exceso de CO₂ en su medio respiratorio y no aspira agua generalmente revive rápidamente cuando se le da aire fresco. Usualmente se sentirá normal dentro de 15 minutos y los efectos secundarios raramente incluyen síntomas más serios que dolor de cabeza, náusea y mareo. El daño cerebral permanente y la muerte son mucho menos probables que en el caso de hipoxia.

3-5.2.2.1

Efectos del Incremento en los Niveles de Bióxido de Carbono. El incremento del nivel de CO₂ en la sangre estimula el centro respiratorio para incrementar la frecuencia respiratoria y el volumen, y la frecuencia cardíaca a menudo es incrementada. Ordinariamente, el incremento en la respiración es claro y lo bastante incómodo para prevenir a un buzo antes de que la ppCO₂ llegue a ser muy peligrosa. Sin embargo, las variables tales como el tipo de trabajo, profundidad y la composición de la mezcla respiratoria, pueden producir cambios en la respiración y mezcla sanguínea que podría enmascarar cualquier cambio causado por el exceso de CO₂.

Esto es especialmente válido en los UBA de circuito cerrado (especialmente los respiradores con O₂ al 100%) cuando la falla o el agotamiento del material absorbente de CO₂ permite un aumento de bióxido de carbono mientras que disminuye la cantidad de oxígeno. En casos donde la ppO₂ está arriba de 0.5 ata, el acortamiento de la respiración normalmente asociado con el exceso de CO₂ puede no ser excesivo y no ser notado por el buzo, especialmente si está respirando fuerte debido al ejercicio. En estos casos el buzo puede llegar a estar confundido y aún ligeramente eufórico antes de perder la conciencia. Por esta razón, un buzo debe estar particularmente alerta para cualquier cambio marcado en su ciclo o confort respiratorio (tal como acortamiento de la respiración o hiperventilación) como un aviso de hipercapnia.

3-5.2.2.2

Efectos del Exceso de Bióxido de Carbono. El exceso de CO₂ también dilata las arterias del cerebro. Esto puede explicar parcialmente el dolor de cabeza frecuentemente asociado con intoxicación por CO₂, aunque estos dolores de cabeza son más probables que ocurran después de la exposición que durante ella. El incremento del flujo sanguíneo en el cerebro, el cual resulta de la dilatación de las arterias, es considerado para explicar porque el exceso de CO₂ acelera la manifestación de toxicidad por O₂ o posiblemente convulsiones. También se cree que el exceso de CO₂ durante un buceo incrementa la posibilidad de

enfermedad de descompresión, pero las razones son menos claras. El dolor de cabeza, cianosis, sudoración anormal, fatiga y un sentimiento general de incomodidad pueden avisar a un buzo si ellos ocurren y son reconocidos, pero no son muy dignos de confianza como alerta.

La hipotermia también puede enmascarar el aumento de CO₂ porque la frecuencia respiratoria se incrementa inicialmente en la exposición a agua fría. Adicionalmente, la narcosis nitrogénica puede enmascarar la condición porque un buzo bajo los efectos de narcosis podría no notar cualquier diferencia en su frecuencia respiratoria. Durante los buceos con aire suministrado desde superficie más profundos que 100 fsw (30.5 m.), el Supervisor de Buceo debe asegurarse que los buzos mantienen suficiente proporción de ventilación.

3-5.2.3

Tratamiento de la Hipercapnia. La hipercapnia es tratada aliviando el exceso de la ppCO₂. Esto se realiza en los buceos con suministro desde superficie ventilando el casco con aire fresco en los UBA de aire, evitando el absorbente de CO₂ en los UBA de mezcla de gases o ascendiendo. Cualquier método usado para disminuir la presión parcial elimina los problemas producidos por el exceso de CO₂.

3-5.3

Asfixia. La *asfixia* indica la existencia de hipoxia y exceso de bióxido de carbono en el cuerpo. La asfixia ocurre cuando se detiene la respiración. La interrupción de la respiración puede ser debida al daño de la tráquea, al alojamiento de un objeto inhalado, a la lengua caída hacia atrás en la garganta durante la inconsciencia o por la inhalación de agua, saliva o vómito.

En muchas situaciones, la hipoxia y el exceso de bióxido de carbono ocurren de manera separada. La verdadera asfixia ocurre cuando la hipoxia es severa o bastante prolongada para detener la respiración del buzo y la intoxicación por bióxido de carbono se desarrolla rápidamente. En este punto el buzo ya no respira.

3-5.4

Resistencia Respiratoria y Disnea. La habilidad para realizar un trabajo útil bajo el agua depende de la habilidad del buzo para mover bastante gas hacia dentro y fuera de sus pulmones para proporcionar suficiente oxígeno a los músculos y eliminar el bióxido de carbono producido metabólicamente. La densidad del gas aumentada y la resistencia del aparato respiratorio son los dos factores principales que impiden esta habilidad. Aún en una cámara hiperbárica seca sin un aparato respiratorio, la aumentada densidad del gas causa que los buzos experimenten una respiración entrecortada (*disnea*). La disnea usualmente llega a ser aparente con cargas de trabajo pesadas a profundidades por debajo de 120 fsw cuando un buzo está respirando aire. Si un buzo está respirando helio-oxígeno, la disnea usualmente llega a ser un problema con cargas de trabajo pesadas en el rango de 850 a 1000 fsw. A grandes profundidades (1600 a 1800 fsw), la disnea puede ocurrir aún estando en descanso.

3-5.4.1

Causas de la Resistencia Respiratoria. La resistencia de flujo y la carga estática del pulmón son las dos causas principales de las limitaciones respiratorias impuestas por los aparatos de respiración bajo el agua. La resistencia de flujo es debida al flujo de un gas denso a través de tubos, mangueras y orificios en el equipo de buceo. Conforme aumenta la densidad del gas, se debe aplicar una gran presión de transmisión para mantener el gas fluyendo a la misma proporción. El buzo tiene que ejercer una presión negativa más alta para inhalar y una presión positiva más alta para exhalar. Conforme aumenta la ventilación con el incremento en los niveles de ejercicio, aumenta la presión de transmisión necesaria. Ya que los músculos respiratorios solamente pueden ejercer tanto esfuerzo para inhalar y exhalar, se alcanza un punto cuando no pueden ocurrir aumentos posteriores. En este punto, el bióxido de carbono producido metabólicamente no es eliminado adecuadamente y se incrementa en la sangre, causando síntomas de hipercapnia.

La carga estática del pulmón es el resultado de respirar gas que está siendo suministrado a

una presión diferente a la presión hidrostática alrededor de los pulmones. Por ejemplo, cuando se nada horizontalmente con un regulador de una sola manguera, el diafragma del regulador está más abajo que la boca y el regulador suministra gas a una pequeña presión positiva una vez que la válvula de demanda se ha abierto. Si el buzo da la vuelta sobre su espalda, el diafragma del regulador está menos profundo que su boca y el regulador suministra gas a una presión ligeramente negativa. La inhalación es más difícil pero la exhalación es más fácil ya que los puntos de escape están encima de la boca y a una presión ligeramente más baja.

La carga estática del pulmón es más aparente en aparatos de respiración subacuática de circuito cerrado y semicerrado tales como el MK 25 y MK 16. Cuando se nada horizontalmente, el diafragma en la espalda del buzo está a menos profundidad que los pulmones y el buzo siente una presión negativa en la boca. La exhalación es más fácil que la inhalación. Si el buzo da la vuelta sobre su espalda, el diafragma queda debajo de los pulmones y el buzo siente una presión positiva en la boca. La inhalación se hace más fácil que la exhalación. En altas proporciones de trabajo, la carga estática excesivamente alta o baja del pulmón puede causar disnea sin ningún incremento en el nivel de dióxido de carbono en la sangre.

3-5.4.2

Prevención de la Disnea. La Marina de E. U. hace todos los esfuerzos para asegurar que los UBA cumplan adecuados estándares de respiración para minimizar los problemas de resistencia de flujo y de carga estática de los pulmones. Sin embargo, todos los UBA tienen sus limitaciones y los buzos deben tener suficiente experiencia para reconocer esas limitaciones. Si el UBA no impide la ventilación, el propio sistema pulmonar del buzo puede limitar su habilidad para ventilar. Ya sea debido a las limitaciones del equipo o limitaciones impuestas por el propio sistema respiratorio del buzo, el resultado final puede ser síntomas de hipercapnia o disnea sin aumentados niveles de dióxido de carbono en la sangre. Esto es referido comúnmente como "sobreventilar el equipo".

La mayoría de los buzos disminuyen su nivel de esfuerzo cuando empiezan a experimentar la disnea, pero en algunos casos, dependiendo de la profundidad y del tipo de UBA, la disnea puede continuar incrementando por un período de tiempo después de detener el ejercicio. Cuando esto ocurre, los buzos inexpertos pueden entrar en pánico y empezar a hiperventilar (respirar más rápido que lo necesario para el intercambio de gases respiratorios), lo cual incrementa la disnea. La situación se convierte rápidamente en una de disnea severa e hiperventilación incontrolada. En esta situación, si se inhala aún una pequeña cantidad de agua, esto puede causar un espasmo de los músculos en la laringe, llamado laringoespasmo, seguido por una asfixia y un posible ahogamiento. La propia reacción a la disnea es detener el ejercicio, ventilar el UBA si es posible, tomar aún, respiraciones controladas hasta que la disnea disminuya, evaluar la situación y entonces proceder cuidadosamente. Generalmente, el dolor de los músculos respiratorios es el único efecto posterior notable de un buzo en el cual la resistencia respiratoria es alta.

3-5.5

Envenenamiento por Monóxido de Carbono. El CO en el suministro de aire del buzo es peligroso. El CO es dañino porque desplaza O₂ de la hemoglobina e interfiere con el metabolismo celular, dejando las células hipoxicas. El monóxido de carbono no se encuentra en cantidades significantes en el aire; la contaminación de un suministro respiratorio por monóxido de carbono usualmente es causada por el escape de una máquina de combustión interna que esté muy cerca de la entrada de un compresor. Concentraciones tan bajas como 0.002 ata pueden resultar fatales. El envenenamiento por monóxido de carbono es particularmente traicionero debido a que los síntomas manifiestos pueden ser demorados hasta que el buzo empieza a ascender.

Mientras se está en la profundidad, la mayor presión parcial del oxígeno en el suministro respiratorio fuerza más oxígeno hacia la solución en el plasma sanguíneo. Algo de este oxígeno adicional alcanza las células y ayuda a compensar la hipoxia. en adición, la presión

parcial de oxígeno incrementada desplaza enérgicamente algo del monóxido de carbono de la hemoglobina. Durante el ascenso, no obstante, como la presión parcial de oxígeno disminuye, el efecto total del envenenamiento por monóxido de carbono es sentido.

- 3-5.5.1 **Síntomas de Envenenamiento por Monóxido de Carbono.** Los síntomas de envenenamiento por monóxido de carbono son casi idénticos a los de otros tipos de hipoxia. El peligro más grande es que la inconsciencia puede ocurrir sin signos confiables de aviso. Cuando la concentración de monóxido de carbono es bastante alta para causar un rápido inicio de envenenamiento, la víctima puede no estar consciente de la debilidad, vértigo o confusión antes de que llegue a la inconsciencia. Cuando la intoxicación se desarrolla gradualmente, la tensión a través de la frente, dolor de cabeza y golpeteo en las sienes o náusea y vómito pueden ser síntomas de aviso.
- 3-5.5.2 **Tratamiento del Envenenamiento por Monóxido de Carbono.** El tratamiento inmediato del envenenamiento por monóxido de carbono consiste en obtener aire fresco para el buzo y buscar atención médica. El oxígeno, si está disponible, debe ser administrado inmediatamente y mientras se transporta al paciente a una instalación de tratamiento médico o hiperbárico. La terapia con oxígeno hiperbárico es el tratamiento definitivo a escoger, y la transportación para la recompresión no debe ser demorada excepto para estabilizar al paciente antes de su transporte. El suministro de aire de un buzo que se sospeche esté sufriendo de envenenamiento por monóxido de carbono debe cerrarse para prevenir que alguien más lo respire y el aire debe ser analizado.
- 3-5.5.3 **Prevención del Envenenamiento por Monóxido de Carbono.** El envenenamiento por monóxido de carbono puede prevenirse poniendo la entrada de aire del compresor lejos de los escapes de los motores y mantener los compresores de aire en la mejor condición mecánica posible.

3-6 INCONSCIENCIA Y CONTENCION DE LA RESPIRACION

La mayoría de la gente puede contener su respiración por aproximadamente 1 minuto, pero normalmente no mucho más sin entrenamiento o preparación especial. En algún momento durante un intento de contención de la respiración, el deseo de respirar llega a ser incontrolable. Esta demanda es señalada por el centro respiratorio respondiendo a los niveles aumentados de CO₂ y ácidos en la sangre arterial y de los quimiorreceptores respondiendo a la correspondiente elevación en el CO₂ arterial.

- 3-6.1 **Restricciones del Buceo de Apnea.** El buceo de apnea debe ser restringido a situaciones tácticas y de trabajo que no puedan ser realizadas efectivamente con el uso de algún UBA y situaciones de entrenamiento de buceo aplicables tales como la fase de scuba en alberca y la liberación de obstáculos/pertrechos en aguas poco profundas. El buceo de apnea incluye la práctica de tomar 2 ó 3 respiraciones profundas antes del buceo. El buzo deberá terminar el buceo y salir a superficie al primer signo de urgencia para respirar.

La hiperventilación (excesiva frecuencia y profundidad de respiración antes de un buceo, diferenciado de las 2 ó 3 respiraciones profundas antes de un buceo) no será practicada debido a la alta posibilidad de causar inconsciencia bajo el agua.

- 3-6.2 **Riesgos del Buceo de Apnea.** Uno de los grandes riesgos del buceo de apnea es la posible pérdida de la conciencia durante el ascenso. El aire en los pulmones durante el descenso es comprimido, elevando la ppO₂. La ppO₂ incrementada satisface fácilmente la demanda de O₂ del cuerpo durante el descenso y mientras se está en el fondo, aún aunque una porción haya sido consumida por el cuerpo. Durante el ascenso, la presión parcial de O₂ remanente se reduce rápidamente conforme la presión hidrostática sobre el cuerpo disminuye. Si la ppO₂ cae abajo de 11% (83.6 mmHg), puede dar inconsciencia con su peligro subsecuente. Este peligro es más alto cuando la hiperventilación ha eliminado los

signos de aviso normales de la acumulación de bióxido de carbono.

3-7 HIPERVENTILACION

Hiperventilación es el término aplicado al hecho de respirar más de lo necesario para mantener la tensión de bióxido de carbono del cuerpo en un nivel apropiado. La hiperventilación (ya sea voluntaria o involuntaria) tiene pequeños efectos en los niveles de oxígeno del cuerpo, pero anormalmente baja la presión parcial del bióxido de carbono en la sangre y demora la urgencia normal para respirar. Si las reservas de bióxido de carbono son ventiladas por debajo del nivel de estímulo, habrá un pequeña urgencia para respirar hasta que dure la retención de la respiración. La presión parcial de oxígeno baja progresivamente conforme se consume el oxígeno continuamente. El esfuerzo o ejercicio causa que el oxígeno sea consumido más rápido y disminuye la sensibilidad del mecanismo de punto de ruptura del bióxido de carbono. Esto permite que el nivel de oxígeno vaya más abajo del nivel que de otra manera tendría. Cuando el buzo asciende, la caída en la presión parcial de oxígeno en los pulmones puede ser suficiente para detener completamente las tomas de oxígeno posteriores. Al mismo tiempo, también cae la presión parcial del bióxido de carbono en los pulmones, dando al buzo la falsa impresión de que no necesita respirar. Los bajos niveles de oxígeno no causan una gran demanda para continuar la respiración; así, el nivel de oxígeno en la sangre puede alcanzar el punto al cual el buzo pierde la conciencia antes de que sienta la necesidad de respirar.

ADVERTENCIA **La hiperventilación es peligrosa y puede llevar a la inconsciencia y a la muerte.**

3-7.1

Hiperventilación Involuntaria. La hiperventilación no intencional puede ser disparada o iniciada por el miedo experimentado durante situaciones de gran estrés. Puede ser iniciada parcialmente por la ligera “sensación asfixiante” que acompaña a un incremento en el espacio muerto, carga estática anormal e incremento en la resistencia respiratoria. La exposición al agua fría puede añadir la sensación de necesitar respirar rápido y profundo. Los buzos que usan equipo scuba las primeras veces estarán probablemente hiperventilando en algún momento debido a la ansiedad.

3-7.2

Hiperventilación Voluntaria. La hiperventilación voluntaria (tomando un número de respiraciones profundas en un corto periodo de tiempo) puede producir síntomas de baja tensión de CO₂ anormalmente baja (hipocapnia). Bajo estas circunstancias, uno puede desarrollar un ligero mareo y sensación de hormigueo. La hiperventilación por un largo periodo produce síntomas adicionales tales como debilidad, dolor de cabeza, entumecimiento, languidez y visión borrosa. La ansiedad causada por la sensación de sofocación que frecuentemente inicia la hiperventilación y continúa a pesar de la adecuada ventilación, puede conducir a un nuevo incremento en la respiración y al desarrollo de un ciclo vicioso. El resultado final puede ser la hipocapnia severa con espasmos musculares, perdida de la conciencia y choque. El buzo debe poner atención a su frecuencia respiratoria, y en el caso de hiperventilación inducida por temor, dar paso a permanecer calmado y controlar su respiración.

3-8 EFECTOS DEL BAROTRAUMA Y LA PRESION EN EL CUERPO HUMANO

Los tejidos del cuerpo pueden soportar grandes presiones. Los buzos han hecho buceos en mar abierto a más de 1000 fsw (445 psi), y en situaciones experimentales, han sido expuestos a una profundidad de 2250 fsw (1001.3 psi). A pesar de estas presiones, es algo irónico que los buzos hagan el mayor número de quejas médicas durante la parte menos profunda de un buceo. La causa es el *barotrauma*, el cual es el daño hecho a los tejidos cuando hay un cambio en la presión ambiental. El barotrauma en el descenso es llamado *squeeze*. El barotrauma en el ascenso es llamado *squeeze inverso*.

3-8.1

Condiciones que Conducen al Barotrauma. El barotrauma normalmente no ocurre en los buzos quienes tienen una anatomía y fisiología normal, y quienes están usando equipo que funciona apropiadamente y los procedimientos de buceo correctos. El barotrauma puede ocurrir en áreas del cuerpo que están sujetas a todas las condiciones siguientes:

- Debe haber un espacio lleno de gas. Cualquier espacio lleno de gas dentro del cuerpo (tal como la cavidad de los senos) o cercano al cuerpo (tal como el visor) puede dañar los tejidos corporales cuando cambia el volumen del gas debido al aumento de presión.
- El espacio debe tener paredes rígidas. Cuando las paredes son elásticas como en un globo, no hay daño hecho por la compresión o expansión del gas hasta que el cambio de volumen sobrepasa la elasticidad de las paredes o conductos.
- El espacio debe estar cerrado. Si a cualquier sustancia (con la excepción de la sangre llenando el espacio en los conductos) se le permitiera entrar o salir del espacio conforme cambia el volumen, no ocurriría ningún daño.
- El espacio debe tener penetración vascular (venas y arterias) y una membrana que lo cubra. Esto permite que la sangre sea forzada dentro del espacio y exceda la elasticidad de los conductos para compensar el cambio en la presión.
- Debe haber un cambio en la presión ambiental.

3-8.2

Síntomas Generales de Barotrauma. El síntoma predominante en el barotrauma es el dolor. Otros síntomas tales como el vértigo, entumecimiento o parálisis facial pueden ser producidos dependiendo de la anatomía específica. El Síndrome de Sobreinflación Pulmonar es potencialmente una seria forma de barotrauma y es discutida en detalle más adelante en este Capítulo. En todas las situaciones de buceo, el embolismo gaseoso arterial y las enfermedades por descompresión deben ser descartadas antes que el diagnóstico de squeeze pueda ser aceptado.

3-8.3

Squeeze de Oído Medio. El squeeze de oído medio es el tipo de barotrauma más común. La anatomía del oído está ilustrada en la Figura 3-7. El tímpano sella completamente el canal

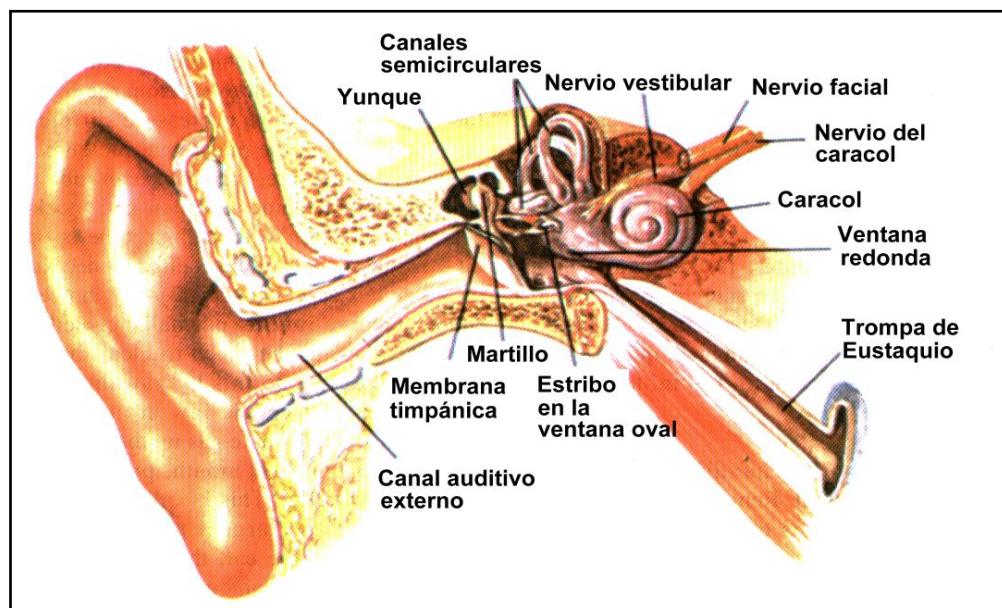


Figura 3-7. Anatomía General del Oído en Sección Frontal.

externo del espacio del oído medio. Conforme un buzo desciende, se incrementa la presión del agua sobre la superficie externa del tímpano. Para balancear esta presión, la presión del aire debe alcanzar la superficie interna del tímpano. Esto se realiza por el paso de aire a través de la estrecha trompa de Eustaquio que lo conduce de los pasajes nasales al espacio del oído medio. Cuando la trompa de Eustaquio se bloquea por moco, el oído medio reúne cuatro de los requerimientos para que ocurra el barotrauma (un espacio lleno de gas, paredes rígidas, espacio cerrado, penetración de vasos sanguíneos).

Conforme el buzo continua su descenso, se obtiene el quinto requerimiento (cambio en la presión ambiental). Conforme la presión aumenta, el tímpano se arquea hacia adentro e inicialmente iguala la presión comprimiendo el gas del oído medio. Hay un límite para esta capacidad de estiramiento o dilatación y pronto la presión del oído medio llega a ser menor que la presión del agua externa, creando un vacío relativo en el espacio del oído medio. Esta presión negativa causa que los conductos sanguíneos del tímpano y la cubierta del oído medio primero se expandan, luego fugan y finalmente se revientan. Si el descenso continua, ya sea que el tímpano se rompa, permitiendo que entre aire o agua al oído medio y se iguale la presión, o que se rompan los vasos sanguíneos y causen suficiente sangrado dentro del oído medio para igualar la presión. Usualmente pasa lo último.

El distintivo del squeeze de oído medio es el dolor agudo causado por el estiramiento del tímpano. El dolor producido antes de la ruptura del tímpano a menudo llega a ser bastante intenso para continuar el descenso. Simplemente el hecho de detener el descenso y ascender unos cuantos pies usualmente trae el alivio casi de inmediato.

Si el descenso continua a pesar del dolor, el tímpano se puede romper. A menos que el buzo esté equipado con un casco rígido, la cavidad del oído medio puede quedar expuesto al agua cuando se rompa el tímpano. Esto expone al buzo a una posible infección del oído medio y, en muchos casos, provoca que se deje de bucear hasta que el daño haya sanado. En el momento de la ruptura, el buzo puede experimentar la súbita aparición de un breve pero violento episodio de vértigo (una sensación de estar girando). Esto puede desoriarntar completamente al buzo y causar náusea y vómito. Este vértigo es causado por una violenta perturbación del martillo, yunque y estribo, o por la estimulación del agua fría en el mecanismo de balance del oído interno. La última situación es referida como vértigo calórico y puede ocurrir simplemente por la entrada de agua fría o templada en un oído y en el otro no. El tímpano no tiene que romperse para que ocurra el vértigo calórico. Puede ocurrir como resultado de la entrada de agua en el canal auditivo cuando se nada o bucea en agua fría. Afortunadamente, estos síntomas pasan rápidamente cuando el agua que entró al oído medio es calentada por el cuerpo.

3-8.3.1

Previniendo el Squeeze de Oído Medio. Bucear con la trompa de Eustaquio bloqueada parcialmente aumenta la probabilidad de squeeze de oído medio. Los buzos que no pueden aclarar sus oídos en la superficie no deberían bucear. Los buzos que tienen problemas para aclarar sus oídos serán examinados por personal médico antes de bucear.

La posibilidad de barotrauma puede eliminarse virtualmente si se toman ciertas precauciones. Mientras se desciende, manténgase delante de la presión. Para evitar el colapso de la trompa de Eustaquio y aclarar los oídos, se deben hacer ajustes frecuentes a la presión del oído medio añadiendo gas a través de la trompa de Eustaquio desde atrás de la nariz. Si se desarrolla una gran diferencia de presión entre el oído medio y la presión externa, la trompa de Eustaquio se colapsa llegando a hincharse y bloquearse. Para algunos buzos, la trompa de Eustaquio está abierta todo el tiempo y no es necesario un esfuerzo consciente para aclarar sus oídos. Para la mayoría, sin embargo, la trompa de Eustaquio está normalmente cerrada y deben tomar alguna acción para aclarar los oídos. Muchos buzos pueden hacer esto bostezando, tragando o moviendo la mandíbula.

Algunos deben forzar el gas suavemente hacia arriba de la trompa de Eustaquio cerrando la

boca, apretándose la nariz y exhalando. Esto es llamado maniobra de Valsalva. Si existe un gran vacío relativo en el oído medio, la trompa de Eustaquio se colapsará y ningún aclaramiento eficaz la abrirá. Si se nota un squeeze durante el descenso, el buzo parará, ascenderá pocos pies y ejecutará suavemente la maniobra de Valsalva. Si no se pueden aclarar los oídos como se describió anteriormente, aborte el buceo.

ADVERTENCIA

Nunca haga una maniobra de Valsalva durante el descenso o ascenso. Durante el descenso, esta acción puede dar como resultado vértigo alternobárico o la ruptura de la ventana oval o redonda. Durante el ascenso, esta acción puede resultar en un síndrome de sobreinflación pulmonar.

3-8.3.2

Tratando el Squeeze de Oído Medio. Al llegar a la superficie después de un squeeze de oído medio, el buzo podría quejarse por dolor, sensación de llenado en el oído, pérdida de audición o aún vértigo ligero. Ocasionalmente, pudiera haber sangre en las ventanas nasales como resultado del sangrado forzado a través de la trompa de Eustaquio por la expansión del aire en el oído medio. El buzo reportará esto al Supervisor y buscará atención médica. El tratamiento consiste en la toma de descongestionantes y la suspensión del buceo hasta que la lesión sane.

3-8.4

Squeeze de Senos Paranasales. Los senos están localizados en los espacios huecos de los huesos craneales y están forrados de una membrana mucosa continua con la de la cavidad nasal (Figura 3-8). Los senos son pequeñas bolsas de aire conectadas a la cavidad nasal por estrechos pasajes o conductos. Si se aplica presión al cuerpo y los conductos de cualquiera de estos senos están bloqueados por moco o desarrollo de tejidos, pronto se experimentará dolor en el área afectada. La situación es muy parecida a la descrita para el oído medio.

3-8.4.1

Causas del Squeeze de Senos Paranasales. Cuando la presión de aire en estos senos es menor que la presión aplicada a los tejidos que rodean estos espacios incompresibles, el mismo efecto relativo se produce como si un vacío fuera creado dentro de los senos: la membrana que los forra se engrosará y, si es bastante grave, sangrará dentro del espacio de los senos. Este proceso representa un esfuerzo natural para balancear la relativa presión

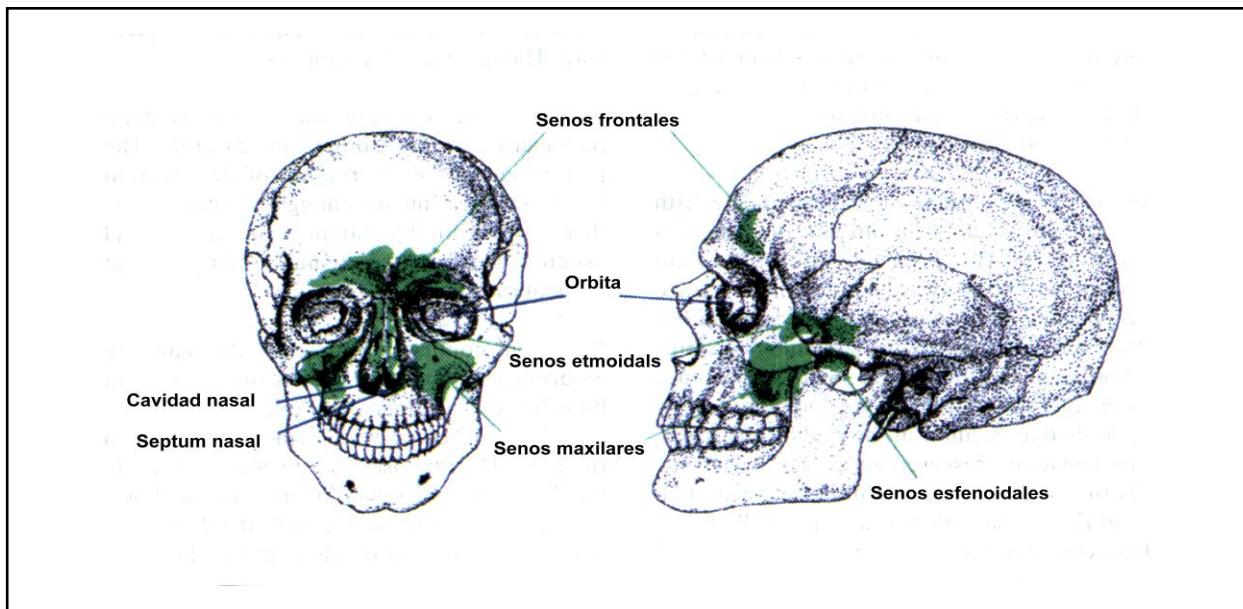


Figura 3-8. Localización de los Senos en el Cráneo Humano.

negativa de aire llenando el espacio con tejido engrosado, fluido y sangre. El seno está realmente comprimido. El dolor producido puede ser bastante intenso para detener el descenso del buzo. A menos que el daño ya haya ocurrido, el retorno a la presión normal traerá el alivio casi inmediato. Si se ha encontrado tal dificultad durante un buceo, el buzo puede notar a menudo una pequeña cantidad de sangre descargada por la nariz al llegar a la superficie.

- 3-8.4.2 Previniendo el Squeeze de Senos Paranasales.** Los buzos no deberían bucear si es evidente algún signo de gripe o congestión nasal. Los efectos de squeeze pueden ser limitados durante un buceo deteniendo el descenso y ascendiendo unos cuantos pies para restablecer el balance de la presión. Si el espacio no puede ser igualado por la acción de tragar o por soplar contra un compensador nasal, debe abortarse el buceo.

- 3-8.5 Squeeze de Dientes (Barodontalgia).** Los squeeze de dientes ocurren cuando una pequeña bolsa de gas, generada por caries, queda atrapada debajo de una amalgama rota o colocada inadecuadamente. Si esta bolsa de gas es aislada completamente, la pulpa del diente o el tejido en el casquillo del diente puede ser absorbido hacia el interior del espacio y causar dolor. Si entra gas adicional al casquillo del diente durante el descenso y no se elimina durante el ascenso, esto puede causar la rotura del diente o que la amalgama sea desalojada. Antes de cualquier trabajo dental, el personal debe identificarse como buzo ante el dentista.

- 3-8.6 Squeeze de Oído Externo.** Un buzo quien use tapones auditivos, quien tenga un oído externo infectado (otitis externa), el canal del oído tapado con cerilla, use apretada la capucha de un traje húmedo parea buceo, puede desarrollar un squeeze de oído externo. El squeeze ocurre cuando el gas atrapado en el canal del oído externo se mantiene a presión atmosférica, mientras que la presión del agua externa aumenta durante el descenso. En este caso, el tímpano se arquea hacia afuera (lo opuesto al squeeze de oído medio) en un intento por igualar la diferencia de presión y puede romperse. La piel del canal se hincha y produce hemorragia, causando un dolor considerable.

Nunca deben usarse tapones auditivos mientras se está buceando. Además de crear el squeeze, pueden ser forzados hacia dentro del canal auditivo. Cuando se debe usar un traje de buceo con capucha, se debe permitir que el aire (o el agua en algunos tipos) entre a la capucha para igualar la presión en el canal auditivo.

- 3-8.7 Squeeze Torácico (Pulmones).** Cuando se hace un buceo conteniendo la respiración, es posible alcanzar una profundidad a la cual el aire mantenido en los pulmones es comprimido a un volumen un poco menor que el volumen residual de los pulmones. Con este volumen, la pared del pecho llega a ponerse rígida e incompresible. Si el buzo desciende más, la presión adicional no puede comprimir las paredes del pecho, fuerza sangre adicional dentro de los vasos sanguíneos en el pecho o eleva más el diafragma. La presión en el pulmón llega a ser negativa con respecto a la presión del agua externa. El daño toma la forma de squeeze. La sangre y fluidos tisulares son forzados dentro de los alvéolos pulmonares y pasajes aéreos donde el aire está bajo menos presión que la sangre en los vasos circundantes. Esto alcanza para un intento de aliviar la presión negativa dentro de los pulmones llenando parcialmente el espacio aéreo con tejidos inflamados, fluido y sangre. Teniendo como consecuencia un daño considerable al pulmón y, si es bastante severo, puede resultar fatal. Si el buzo aún continua descendiendo, ocurrirá la muerte como resultado del colapso del pecho. El buceo conteniendo la respiración estará limitado a situaciones controladas y de entrenamiento o situaciones operacionales especiales envolviendo personal bien capacitado en aguas poco profundas.

Un buzo con suministro desde superficie quien sufre de pérdida de presión de gas o ruptura de la manguera con falla de la válvula de no retorno puede sufrir un squeeze de pulmón, si su profundidad es bastante grande, conforme la presión del agua circundante comprime su pecho.

- 3-8.8** **Squeeze de Cara o de Cuerpo.** Los visores para scuba, goggles y ciertos tipos de trajes de exposición pueden causar un squeeze bajo algunas condiciones. La presión en un visor usualmente puede ser igualada exhalando a través de la nariz, pero esto no es posible cuando se utilizan goggles. Los goggles solamente serán usados por nadadores en superficie. El ojo y los tejidos de la cavidad ocular son los tejidos más afectados seriamente en un caso de squeeze de visor o de goggles. Cuando se usan trajes de exposición, el aire puede quedar atrapado en un doblez de la prenda y puede llevar a un malestar y posiblemente a un caso menor de hemorragia dentro de la piel por pinchadura.
- 3-8.9** **Sobrepresión de Oído Medio (Squeeze Inverso de Oído Medio).** La expansión del gas en el espacio del oído medio durante el ascenso ordinariamente se elimina a través del tubo de Eustaquio. Si el tubo se llega a bloquear, aumenta la presión en el oído medio relativa a la presión del agua exterior. Para aliviar esta presión, el tímpano se arquea hacia fuera causando dolor. Si la sobrepresión es significativa, el tímpano se puede romper y el buzo puede experimentar los mismos síntomas que ocurren con la ruptura del tímpano durante el descenso (squeeze).
- La presión incrementada en el oído medio también puede afectar estructuras cercanas y producir síntomas de vértigo y daño en el oído interno. Es extremadamente importante excluir el embolismo gaseoso arterial o la enfermedad de descompresión, cuando estos síntomas inusuales de squeeze inverso de oído medio ocurran durante el ascenso o al llegar a la superficie.
- Un buzo quien tiene gripe o no puede igualar los oídos es más probable que desarrolle un squeeze inverso de oído medio. No hay una manera efectiva uniformemente para igualar los oídos durante el ascenso. No haga una maniobra de Valsalva en el ascenso, ya que esto incrementará la presión en el oído medio, lo cual es lo contrario a lo que se requiere. La maniobra de Valsalva también puede llevar a la posibilidad de un embolismo gaseoso arterial. Si aparece dolor en el oído durante el ascenso, el buzo debería detener el ascenso, descender algunos pies para aliviar los síntomas y entonces continuar su ascenso a una velocidad más lenta. Pueden ser necesarios varios de estos intentos conforme el buzo hace gradualmente su camino hacia la superficie.
- 3-8.10** **Sobrepresión de Senos (Squeeze Inverso de Senos).** La sobrepresión es causada cuando el gas es atrapado dentro de la cavidad de los senos. Un dobles en la membrana que cubre los senos, un quiste, o una tumefacción de la membrana (pólipo) puede actuar como una válvula de detención (válvula check) e impedir que el gas salga del seno durante el ascenso. Un dolor agudo en el área afectada resulta de una presión aumentada. El dolor usualmente es suficiente para detener al buzo en su ascenso. El dolor es aliviado inmediatamente descendiendo unos cuantos pies. Desde ese punto, el buzo debería ascender lentamente hasta que gradualmente alcance la superficie.
- 3-8.11** **Sobreexpansión del Estómago e Intestinos.** Mientras un buzo está bajo presión, se puede formar gas dentro de sus intestinos o puede ser tragado y atrapado en el estómago. Durante el ascenso, este gas atrapado se expande y ocasionalmente causa bastantes molestias como para hacer que el buzo se detenga y lo expela. Continuar el ascenso con la marcada molestia puede dar como resultado un daño real.
- 3-8.12** **Disfunción del Oído Interno.** El oído interno no contiene gas y no está sujeto a un barotrauma. Sin embargo, está localizado junto a la cavidad del oído medio y es afectado por las mismas condiciones que producen el barotrauma de oído medio. Como el gas en el oído medio es comprimido o expandido sin el alivio normalmente proporcionado por la trompa de Eustaquio, el fluido y las membranas del delicado oído interno se verán alterados funcionalmente. Las membranas se pueden romper conforme aumenta el gradiente de presión.

El oído interno contiene dos órganos importantes, el caracol y el vestíbulo. El caracol es el órgano sensorial de la audición; el daño al caracol puede dar como resultado síntomas de pérdida de audición y zumbido en el oído (tinnitus).

- 3-8.12.1 Vértigo.** El aparato vestibular siente el balance y el movimiento; el daño a este aparato puede causar vértigo, el cual es una falsa sensación de un tipo de movimiento giratorio. El buzo sentirá que él o que su entorno está girando mientras que de hecho no hay movimiento. Uno puede usualmente distinguir esta sensación de las quejas más vagas de mareo o desorientación causadas por otras condiciones. El vértigo es normalmente específico al oído interno o a la parte del cerebro que analiza los impulsos del oído interno. El vértigo está asociado a síntomas que pueden o no ser notados. Estos incluyen náusea, vómito, perdida del balance, incoordinación y un rápido movimiento espasmódico de los ojos (nistagmus). El vértigo también puede ser causado por embolismo gaseoso arterial o enfermedades de descompresión Tipo II, las cuales están descritas en el Volumen 5.

Las oscilaciones de presión frecuentes en el oído medio asociadas con la dificultad de aclaramiento pueden llevar a una condición de vértigo pasajero llamado vértigo alternobárico o de descenso. A este vértigo normalmente sigue una maniobra de Valsalva, frecuentemente con el episodio de aclaramiento final justo cuando el buzo alcanza el fondo. El vértigo es de corta duración, pero puede causar desorientación significativa.

El vértigo alternobárico también puede ocurrir durante el ascenso en asociación con la sobrepresión de oído medio. En este caso, el vértigo es frecuentemente precedido por dolor en el oído que no está ventilando el exceso de presión. El vértigo normalmente dura solamente pocos minutos, pero puede ser incapacitante durante ese tiempo. El alivio es abrupto y puede ser acompañado por un silbido en el oído afectado. El vértigo alternobárico durante el ascenso desaparecerá inmediatamente cuando el buzo detiene su ascenso y desciende pocos pies.

- 3-8.12.2 Barotrauma de Oído Interno.** Un desbalance de la presión entre el oído medio y el ambiente externo puede causar daño perdurable al oído interno si el desbalance es repentino o grande. Este tipo de barotrauma de oído interno es asociado frecuentemente con la ruptura de la ventana oval o la redonda.

Hay 3 huesos en el oído medio: el martillo, el yunque y el estribo (Figura 3-9). El martillo está conectado al tímpano (membrana timpánica) y transmite las vibraciones sonoras al yunque, el cual transmite estas vibraciones al estribo, el que a su vez las transmite al oído interno. El estribo transmite estas vibraciones al fluido del oído interno a través de un agujero cubierto por una membrana, llamado ventana oval. Otro agujero cubierto por membrana, llamado ventana redonda conecta el oído interno con el oído medio y alivia las ondas de presión en el oído interno causadas por el movimiento del estribo.

El barotrauma puede romper la membrana de la ventana redonda, causando la fuga del fluido del oído interno (fluido perilinfático). Una abertura persistente después de un barotrauma que drene el fluido perilinfático del oído interno al oído medio es referida como fistula perilinfática. La fistula perilinfática puede ocurrir cuando el buzo se fuerza a sí mismo, causando un incremento de la presión intracraneal. Si es lo bastante grande, esta presión puede ser transmitida al oído interno causando daño grave a la membrana de la ventana redonda. La ventana oval es muy raramente afectada por barotrauma porque es protegida por el pie del estribo. El daño del oído interno también puede resultar de la sobrepresurización del oído medio por una maniobra de Valsalva demasiado fuerte. La maniobra, además del efecto deseado para forzar gas por la trompa de Eustaquio, incrementa la presión del fluido dentro del oído interno. Los síntomas de la disfunción del oído interno incluyen zumbidos o rugidos en el oído afectado, vértigo, desorientación, nistagmus, inestabilidad y marcada perdida de la audición.

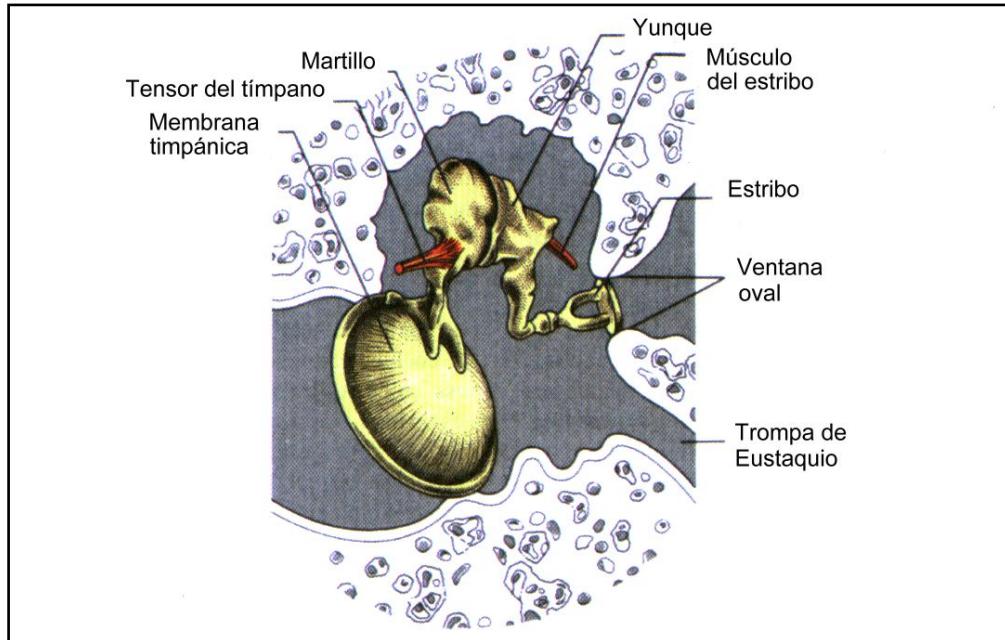


Figura 3-9. Unión de los Componentes del Oído Interno.

El diagnóstico de barotrauma de oído interno debe considerarse siempre que ocurra cualquier síntoma de oído interno durante la compresión o después de un buceo poco profundo en el cual es improbable la enfermedad de descompresión. En algunos casos es difícil distinguir los síntomas entre barotrauma de oído interno y enfermedad de descompresión o embolismo gaseoso arterial. La recompresión no es riesgosa si el barotrauma fue la causa de los síntomas, con tal de seguir las simples precauciones señaladas en el Volumen 5. Cuando hay duda, recomprima. Todos los casos de sospecha de barotrauma de oído interno deberían ser referidos a un especialista en oídos, nariz y garganta (ONG) tan pronto como sea posible. El tratamiento del barotrauma de oído interno varía desde reposo en cama a cirugía exploratoria, dependiendo de la severidad de los síntomas.

3-9 SINDROMES DE SOBREINFLACION PULMONAR

Los síndromes de sobreinflación pulmonar son un grupo de enfermedades relacionadas a barotrauma causadas por la expansión del gas atrapado en el pulmón durante el ascenso (squeeze inverso) o sobrepresurización del pulmón con la subsecuente sobreexpansión y ruptura de los sacos aéreos alveolares. El exceso de presión en el pulmón también puede ocurrir cuando un buzo presiona el botón de purga, en un regulador de una sola manguera, mientras está tomando una respiración. Las dos principales causas de ruptura alveolar son:

- Presión excesiva dentro del pulmón causada por presión positiva
- Fracaso en el escape del gas expandido del pulmón durante el ascenso

La sobreinflación pulmonar por el fracaso en el escape del gas expandido del pulmón durante el ascenso puede ocurrir cuando un buzo voluntaria o involuntariamente contiene su respiración durante el ascenso. Las obstrucciones pulmonares localizadas pueden ocasionar atrapamiento de aire, tales como el asma, secreciones espesas por neumonía o gripe severa y otras causas. Las condiciones que ocasionan estos incidentes son diferentes de aquellas que producen squeeze de pulmón, y ocurren más frecuentemente durante entrenamientos de ascenso libre y boyante o en ascensos de emergencia en buceos hechos con equipo de buceo ligero o scuba.

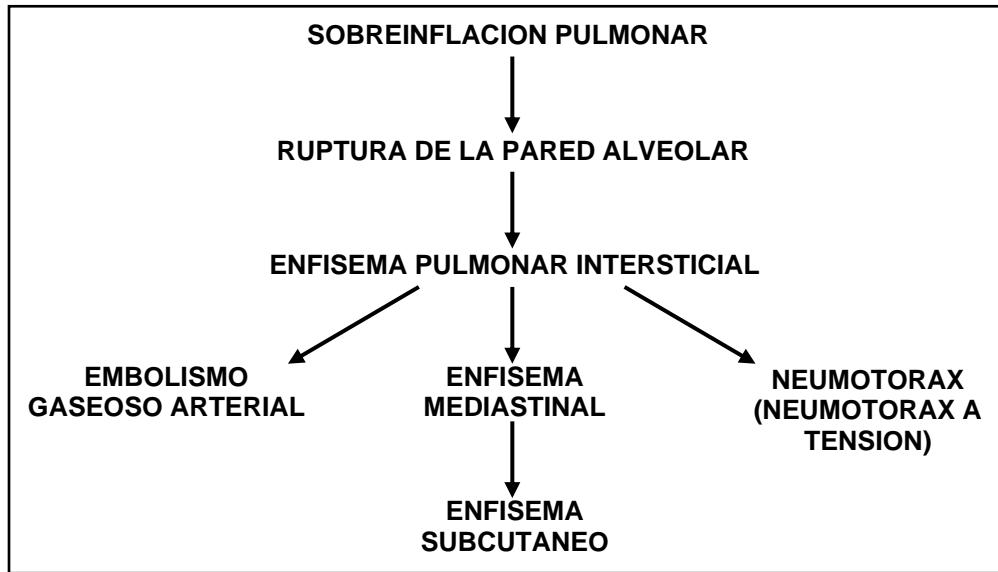


Figura 3-10. Consecuencias de la Sobreinflación Pulmonar. La entrada de gas al tejido pulmonar intersticial no causa síntomas a menos que continúe la entrada de gas. Si el gas entra a la circulación arterial, puede ocurrir un embolismo gaseoso arterial potencialmente fatal. El neumotórax ocurre si el gas se acumula entre el pulmón y la pared pectoral, y si la acumulación de gas continúa sin liberarla, entonces puede resultar un neumotórax a tensión.

Las manifestaciones clínicas de sobreinflación pulmonar dependen de la localización donde se colecta el aire libre. En todos los casos, la primer etapa es ruptura de los alvéolos con una colección de aire en los tejidos pulmonares, una condición conocida como enfisema intersticial. El enfisema intersticial no causa síntomas a menos que ocurra una distribución posterior de aire. El gas puede encontrar su camino hacia la cavidad torácica o a la circulación arterial. Estas condiciones son representadas en la Figura 3-10.

3-9.1

Embolismo Gaseoso Arterial. El embolismo gaseoso arterial es la complicación potencial más seria del buceo y es causada por un exceso de presión dentro de los pulmones que fallan para ventilarse durante el ascenso (Figura 3-11). Por ejemplo, si un buzo asciende a la superficie desde una profundidad de 100 fsw, el aire dentro de sus pulmones se expandirá a 4 veces su volumen original. Si a este aire expandido no se le permite escapar, la presión aumentará dentro de los pulmones, sobreexpandiéndolos y rompiendo sus sacos aéreos y vasos sanguíneos. El aire es forzado entonces hacia el interior de la cama capilar pulmonar y las burbujas son llevadas a las cámaras izquierdas del corazón, donde serán bombeadas a las arterias. Cualquier burbuja que sea tan grande para ir a través de una arteria se alojará y formará un tapón (émbolo). Los tejidos más allá del tapón serán privados de su suministro sanguíneo y su O₂. Las consecuencias dependen del área u órgano donde ocurra el bloqueo. Cuando el cerebro es involucrado, usualmente los síntomas son extremadamente graves. A menos que la víctima sea recomprimida rápidamente para reducir el tamaño de la burbuja y permitir que la sangre fluya otra vez, puede seguir la muerte. Los síntomas y tratamiento del embolismo gaseoso arterial son discutidos de manera más completa en el Volumen 5.

Un buzo nunca debe contener su respiración durante el ascenso. Un buzo quien sienta una sensación de molestia detrás del esternón y un estiramiento de los pulmones debe exhalar. La inhalación de agua y el temor pueden también disparar un espasmo de los músculos laringeos (laringoespasmo) que sella la vía aérea principal del pulmón y así llevar a la sobreexpansión de los pulmones. Bajo estas circunstancias, la muerte ha ocurrido durante el ascenso desde profundidades de solo unos cuantos pies. Cada buzo deberá hacerse una regla absoluta de respirar normal y continuamente durante el ascenso. Sin embargo, un buzo quien no pueda respirar porque se acabó su aire o su equipo no trabaja, debe exhalar durante el ascenso.

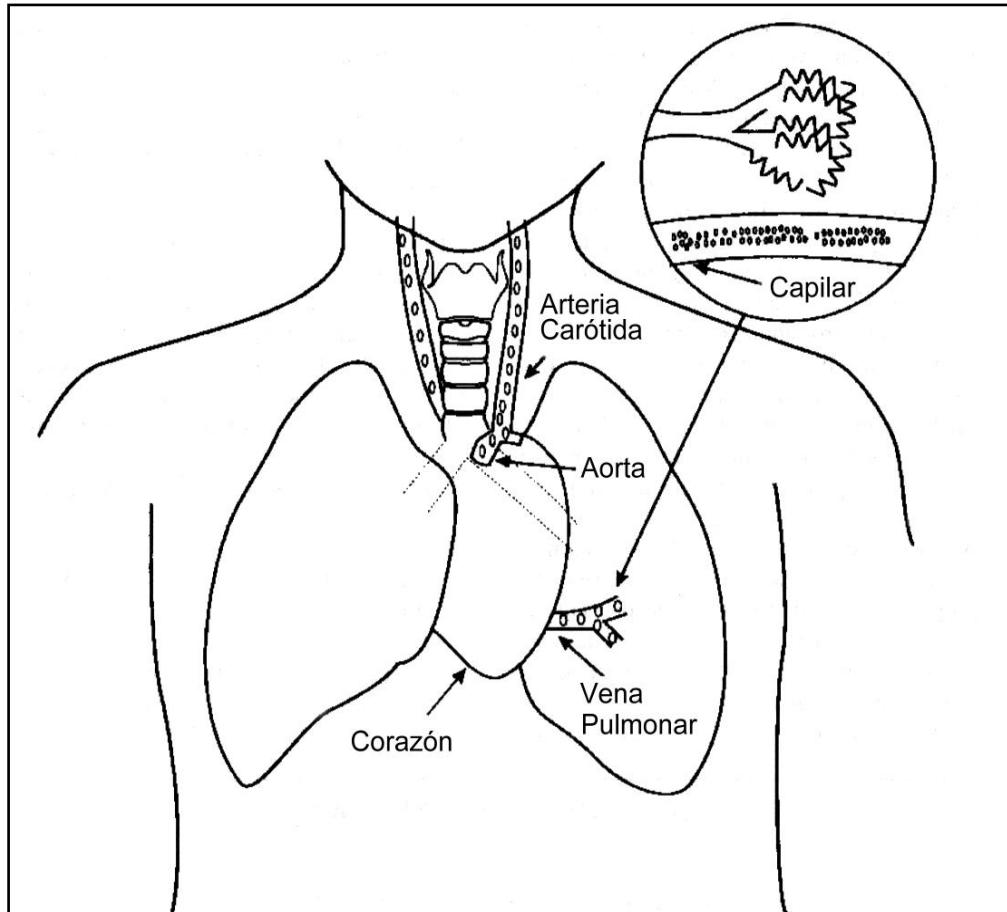


Figura 3-11. Embolismo Gaseoso Arterial.

3-9.2

Enfisema Mediastinal y Subcutáneo. El enfisema mediastinal (Figura 3-12) ocurre cuando el gas ha sido forzado a través del tejido pulmonar rasgado hacia los tejidos mediastinales en medio del tórax, alrededor del corazón, la tráquea y los vasos sanguíneos mayores. El enfisema subcutáneo (Figura 3-13) resulta de la expansión del gas que ha escapado del mediastino hacia el tejido subcutáneo del cuello. Estos tipos de enfisema, incluyendo el enfisema intersticial, no deben confundirse con el enfisema ocasionado por el proceso de envejecimiento o por fumar.

3-9.3

Neumotórax. El neumotórax es el resultado de la entrada de aire al espacio potencial entre la cubierta del pulmón y el forro de la pared torácica (Figura 3-14). En esta manifestación común, llamada neumotórax simple, a la vez que hay escape de aire desde el pulmón hacia el tórax, hay colapso parcial del pulmón, causando diversos grados de angustia respiratoria. Esta condición normalmente mejora con el tiempo cuando el aire es reabsorbido. En casos severos de colapso, el aire debe ser removido con la ayuda de un tubo o catéter. La manifestación de neumotórax es acompañada por un repentino dolor torácico agudo, seguido de respiración rápida, difícil, cesación de los movimientos torácicos normales en el lado afectado, taquicardia, pulso débil y ansiedad. Un buzo que se crea está sufriendo neumotórax, debe ser examinado completamente buscando la presencia de embolismo gaseoso arterial. Esto es cubierto más detalladamente en el Volumen 5.

En ciertos casos, el daño pulmonar puede permitir que entre aire pero que no salga del espacio pleural. La sucesiva respiración gradualmente agranda la bolsa de aire. Esto es llamado neumotórax a tensión (Figura 3-15) debido al progresivo incremento de tensión o

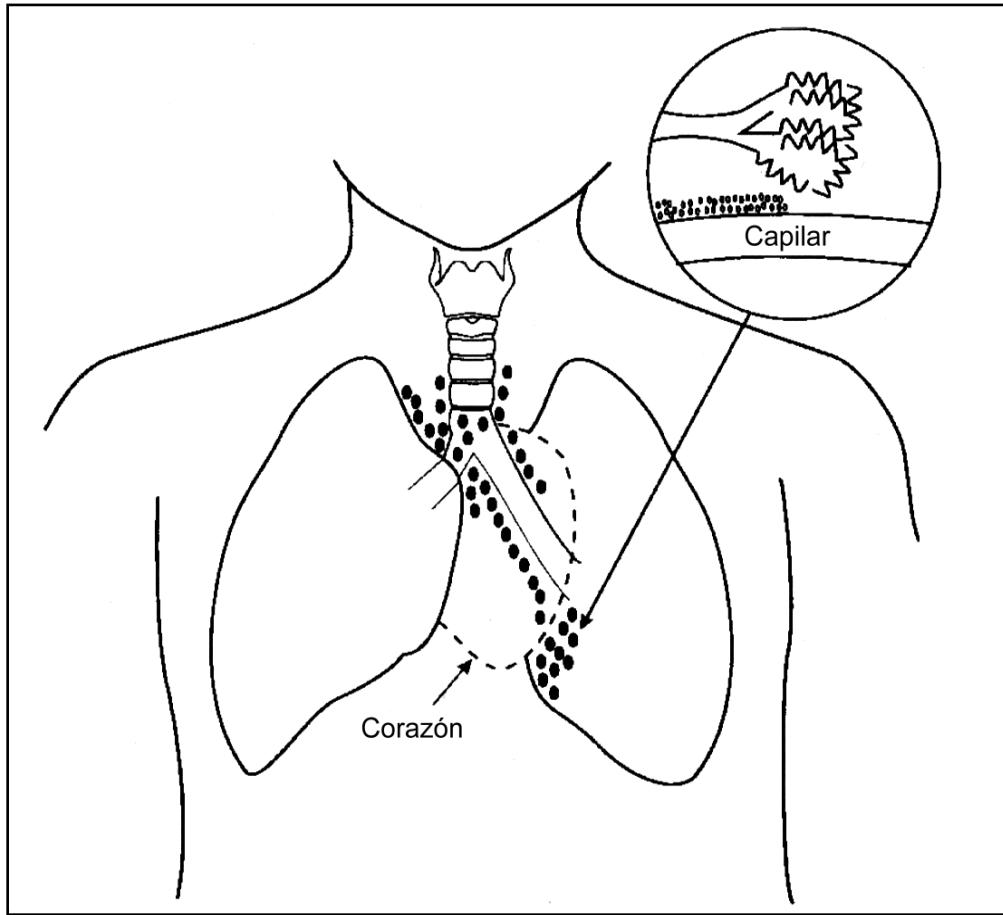


Figura 3-12. Enfisema Mediastinal.

presión ejercida sobre el pulmón y corazón por la expansión del gas. Si no se corrige, esta fuerza presionará sobre el pulmón involucrado, causando el colapso completo. El pulmón, y entonces el corazón, son empujados hacia el lado opuesto del tórax, comprometiendo la respiración y la circulación. Los síntomas llegan a ser progresivamente más serios, iniciando con respiraciones rápidas y terminando en cianosis (coloración azulada de la piel), hipotensión (baja presión sanguínea), choque y, a menos que sea corregida, la muerte.

Si ocurre un neumotórax simple en un buzo bajo presión, el aire se expandirá durante el ascenso, de acuerdo a la Ley de Boyle, creando un neumotórax a tensión. El volumen de aire inicialmente escapado hacia la cavidad pleural y la distancia de ascenso restante determinarán la condición del buzo al llegar a superficie.

Todos los casos de neumotórax deben ser tratados. Esto es hecho a veces removiendo el aire con un catéter o un tubo insertado en la cavidad torácica. En casos de neumotórax a tensión, este procedimiento puede salvar la vida. El Volumen 5 discute completamente el tratamiento del neumotórax simple y a tensión.

3-10 EFECTOS INDIRECTOS DE LA PRESIÓN

Las condiciones previamente descritas ocurren por las diferencias de presión que dañan las estructuras del cuerpo de una manera mecánica directa. Los efectos secundarios o indirectos de la presión son el resultado de cambios en la presión parcial de los gases individuales en el medio respirable de los buzos. El mecanismo de estos efectos incluye la saturación y

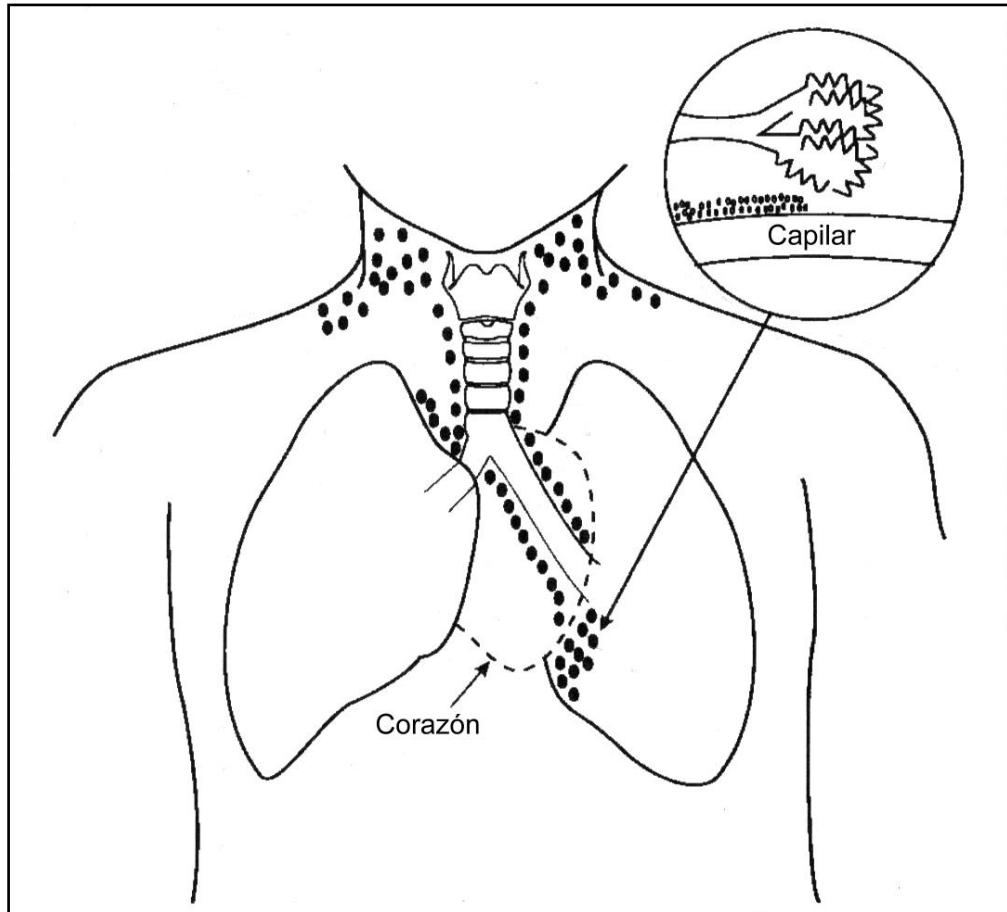


Figura 3-13. Enfisema Subcutáneo.

desaturación de los tejidos del cuerpo con gas disuelto y la modificación de las funciones corporales por las presiones parciales anormales de gas.

3-10.1 **Narcosis Nitrogénica.** En el buceo, la narcosis por gas inerte deteriora la habilidad del buzo para pensar claramente. La forma más común, la narcosis nitrogénica, es causada por respirar aire comprimido a profundidad.

3-10.1.1 Síntomas de Narcosis. Los signos de narcosis son:

- Perdida del juicio o destreza
- Un falso sentimiento de bienestar
- Falta de interés en el trabajo o seguridad
- Estupidez aparente
- Risas inapropiadas
- Un vago entumecimiento y hormigueo de labios, encías y piernas

El mayor peligro de la narcosis nitrogénica es el descuido por la seguridad personal. Los buzos pueden mostrar comportamiento anormal tal como quitarse la boquilla del regulador o

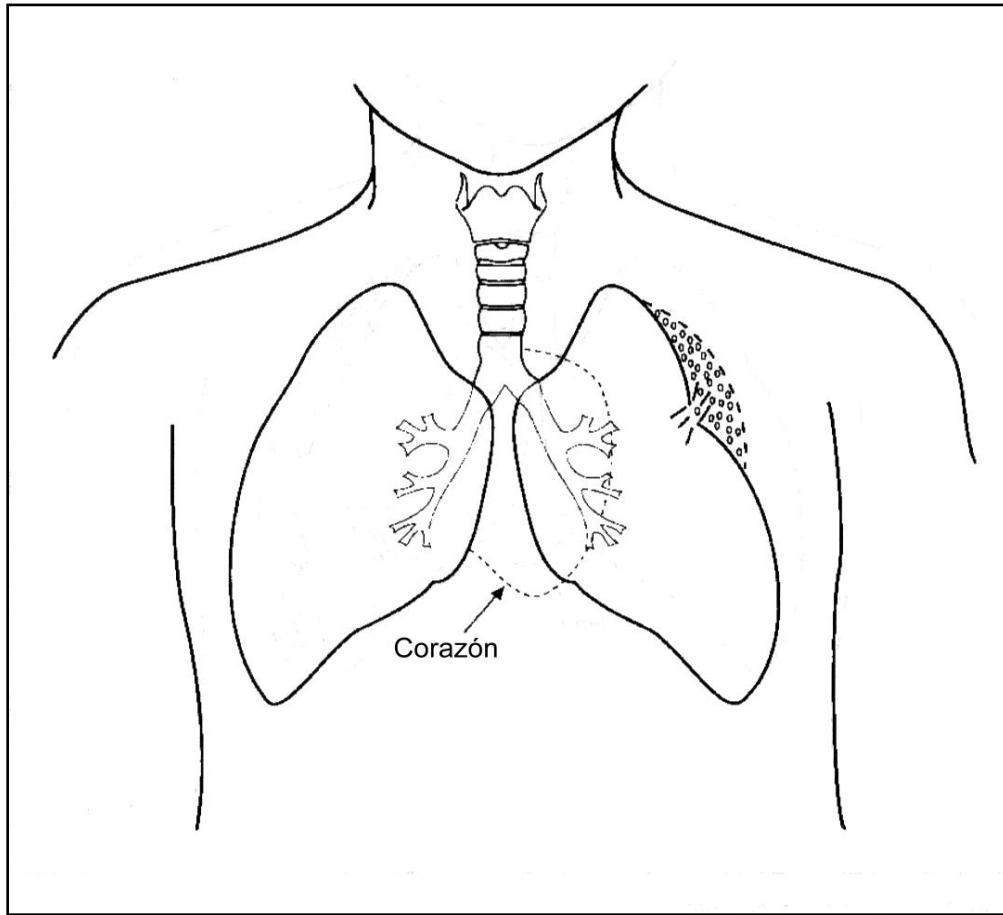


Figura 3-14. Neumotórax.

nadar a profundidades inseguras sin cuidado por las enfermedades de descompresión o el suministro de aire. No hay un tratamiento específico para la narcosis nitrogénica; el buzo debe ser llevado a profundidades menores donde los efectos no se sientan.

3-10.1.2

Susceptibilidad a la Narcosis. Los gases inertes varían en su potencia narcótica. Los efectos del nitrógeno pueden llegar a notarse primero a profundidades que exceden los 100 fsw, pero llegan a ser más pronunciados a profundidades mayores que 150 fsw. Hay un amplio rango de susceptibilidad individual y algunos buzos, particularmente aquellos experimentados en operaciones profundas con aire, a menudo pueden trabajar tan profundo como 200 fsw sin dificultades serias.

Los buzos experimentados y estables pueden ser productivos y seguros razonablemente en profundidades donde otros pueden fallar. Ellos están familiarizados con el tiempo en el cual la narcosis nitrogénica deteriora el desempeño. Saben que un gran esfuerzo consciente para continuar el buceo requiere de cuidado inusual, tiempo y esfuerzo para realizar aún las observaciones y decisiones más simples. Cualquier relajación de esfuerzo consciente puede llevar a la falla o a cometer un error fatal.

La experiencia, exposiciones frecuentes a buceos profundos y el entrenamiento pueden hacer posible que los buzos ejecuten buceos con aire tan profundos como 180-200 fsw, pero los novatos e individuos susceptibles deben permanecer a profundidades menores. El desempeño o eficiencia de los buzos respirando aire comprimido será disminuido a profundidades mayores que 180 fsw. A 300 fsw o más, los signos y síntomas son severos y hay la

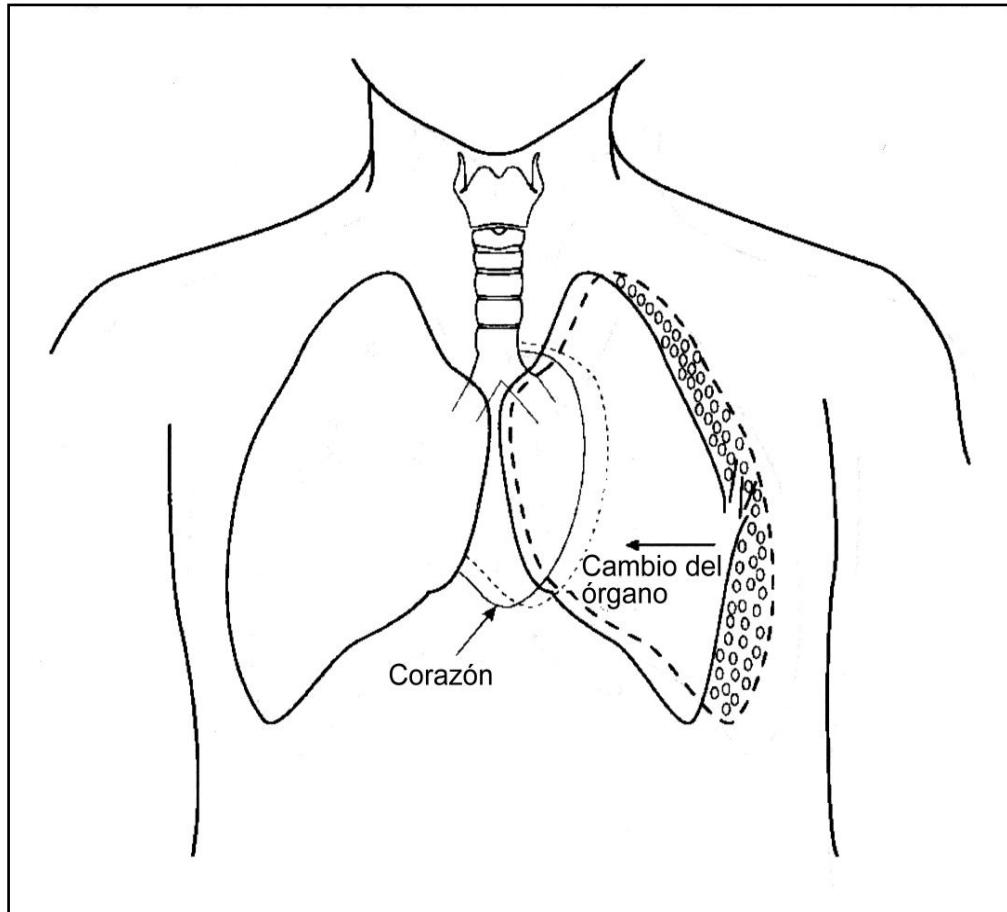


Figura 3-15. Neumotórax a Tensión.

posibilidad de alucinaciones, comportamiento bizarro o perdida de la conciencia. Además, el incremento asociado de la ppO₂ a tales profundidades puede producir convulsiones por O₂. (El helio es ampliamente usado en buceos con mezclas de gases como un sustituto del N₂ para prevenir la narcosis). La figura 3-16 muestra los efectos narcóticos del buceo con aire comprimido.

3-10.2

Toxicidad por Oxígeno. La ppO₂ en exceso de la encontrada en condiciones atmosféricas normales puede ser tóxica para el cuerpo. La toxicidad por O₂ depende de la presión parcial y del tiempo de exposición. Los dos tipos de toxicidad por O₂ experimentados por los buzos son la Toxicidad Pulmonar por O₂ y la Toxicidad por O₂ del Sistema Nervioso Central (SNC).

3-10.2.1

Toxicidad Pulmonar por Oxígeno. El envenenamiento por baja presión de oxígeno o toxicidad pulmonar por oxígeno, puede empezar a ocurrir si se respira más del 60% de O₂ a una atmósfera durante 24 horas o más. Mientras se bucea, esto puede ocurrir después de 24 horas de exposición a una ppO₂ de 0.6 ata (ejemplo, a 60 fsw respirando aire). Las largas exposiciones a altos niveles de oxígeno, tales como la administración durante las Tablas de Tratamiento de Recompresión 4, 7 y 8 pueden conducir rápidamente a toxicidad pulmonar por O₂. Los síntomas pueden empezar con una sensación ardorosa durante la inspiración y progresar a dolor. Durante los tratamientos de recompresión, la toxicidad pulmonar por O₂ puede tener que ser tolerada en pacientes con síntomas neurológicos graves para efectuar el tratamiento adecuado. En pacientes conscientes, el dolor y la tos experimentada con la inspiración limitará eventualmente la exposición al oxígeno. El retorno a la función pulmonar normal ocurrirá gradualmente después de que la exposición termine. Los pacientes

Narcosis Nitrogénica	
Profundidad (fsw)	Los Síntomas Incluyen
100	Efecto de intoxicación similar al del alcohol Disminución de la actividad mental
150	Disminución del tiempo de reacción y reflejos Euforia general Fijación de ideas
200	Dificultad de concentración y razonamiento Dificultad de recordar que hacer o que se ha hecho
240	Observaciones a menudo inadecuadas Probabilidad de tomar decisiones incorrectas acerca de que hacer El buzo puede no tener cuidado del trabajo o de la seguridad

Figura 3-16. Narcosis Nitrogénica.

inconscientes quienes reciben tratamiento con oxígeno no sienten dolor y es posible que sean sujetos a la exposición resultando con daño permanente del pulmón o neumonía. Por esta razón, debe tomarse cuidado cuando se administra 100% de oxígeno a pacientes inconscientes aún en superficie.

- 3-10.2.2 **Toxicidad por Oxígeno del Sistema Nervioso Central (SNC).** El envenenamiento por alta presión de oxígeno o toxicidad por oxígeno del sistema nervioso central (SNC), es más probable que ocurra cuando los buzos están expuestos a más de 1.6 atmósferas de oxígeno.

La susceptibilidad a la toxicidad por oxígeno del sistema nervioso central varía de persona a persona. La susceptibilidad individual variará de tiempo en tiempo y por esta razón los buzos pueden experimentar toxicidad del SNC en tiempos de exposición y presiones previamente tolerados. Ya que es la ppO₂ por sí misma la causa de la toxicidad, el problema puede ocurrir cuando las mezclas de oxígeno con nitrógeno o helio son respiradas a profundidad. La toxicidad por oxígeno es influenciada por la densidad del gas respirado y las características del sistema de buceo usado. Así, los límites permisibles para ppO₂ difieren en algún grado para sistemas de buceo específicos (los cuales son discutidos en capítulos posteriores). En general, la ppO₂ de 0 por debajo de 1.4 ata es improbable que produzca toxicidad del SNC. Los sistemas de circuito cerrado respirando oxígeno requieren los límites más bajos de presión parcial, mientras que los sistemas de heli-ox suministrado desde superficie permiten límites ligeramente más altos.

- 3-10.2.2.1 **Factores que Contribuyen a la Toxicidad por Oxígeno del SNC.** Los tres principales factores externos que contribuyen al desarrollo de la toxicidad por oxígeno son la presencia de un nivel alto de CO₂ en la mezcla respiratoria resultante de la falla en el absorbente de CO₂, bióxido de carbono en el suministro de gas del casco o ventilación inadecuada durante un esfuerzo pesado.
- 3-10.2.2.2 **Síntomas de Toxicidad por Oxígeno del SNC.** La consecuencia directa más grave de la toxicidad por oxígeno son las convulsiones. Algunas veces el reconocimiento de los síntomas tempranos puede proporcionar un aviso suficiente para reducir la ppO₂ y prevenir la

manifestación de síntomas graves. Los síntomas de aviso más frecuentemente encontrados también pueden ser recordados por el mnemotécnico VONCIMC:

- V:** Visión. Visión de túnel, disminución de la visión periférica y pueden ocurrir otros síntomas tales como visión borrosa.
- O:** Oído. Tinnitus, y sonido percibido por los oídos pero no resultante de un estímulo externo, puede parecerse a timbres de campanas, rugidos o sonidos como de maquinaria pulsando.
- N:** Nausea o vómito espasmódico. Estos síntomas pueden ser intermitentes.
- C:** Contracciones o síntomas de hormigueo. Cualquiera de los pequeños músculos faciales, labios o músculos de las extremidades pueden ser afectados. Estos son los síntomas más claros y frecuentes.
- I:** Irritabilidad. Cualquier cambio en el estado mental del buzo incluyendo confusión, agitación y ansiedad.
- M:** Mareo. Los síntomas incluyen torpeza, incoordinación y fatiga inusual.
- C:** Convulsiones. El primer signo de toxicidad por oxígeno del SNC puede ser una convulsión que ocurre con un pequeño aviso o sin él.

Los síntomas pueden no siempre aparecer y la mayoría no son síntomas exclusivamente de toxicidad por oxígeno. Las contracciones acaso sean el aviso más claro de toxicidad, pero pueden ocurrir tarde, si ocurren. La aparición de cualquiera de estos síntomas usualmente representa un signo corporal de disturbio de alguna clase y deberá ser atendido.

3-10.2.3 Convulsiones. Las convulsiones, la consecuencia directa más grave de toxicidad por oxígeno del SNC, pueden ocurrir repentinamente sin ser precedidas por cualquier otro síntoma. Durante una convulsión, el individuo pierde la conciencia y su cerebro envía impulsos nerviosos incontrolados a sus músculos. A la altura del ataque, todos los músculos son estimulados a un mismo tiempo y traba el cuerpo en un estado de rigidez. Esto es referido como la *fase tónica* de la convulsión. El cerebro se fatiga pronto y el número de impulsos disminuye. Esta es la *fase clónica*, y los impulsos aleatorios a diversos músculos pueden causar azotes y sacudidas violentas por un minuto más o menos.

Después de la fase convulsiva, la actividad cerebral es deprimida y sigue una depresión postconvulsiva (postical). Durante esta fase, el paciente está inconsciente normalmente y quieto por un rato, entonces se torna semiinconsciente y muy inquieto. Entonces generalmente dormirá, despertando ocasionalmente aunque todavía no completamente racional. La fase depresiva algunas veces dura tan poco como 15 minutos, pero no es raro una hora o más. Al final de esta fase, el paciente a menudo se pone repentinamente alerta y se queja nada más de fatiga, dolor muscular y posiblemente dolor de cabeza. Después de una convulsión por toxicidad por oxígeno, el buzo normalmente recuerda claramente los eventos hasta el momento en que perdió la conciencia, pero no recuerda nada de la convulsión misma y poco de la fase postical.

3-10.2.3.1 Acciones Recomendadas. A pesar de la aparición más bien alarmante, la convulsión misma es normalmente no mucho más que un trabajo muscular vigoroso para la víctima. En una convulsión por oxígeno, el posible peligro de hipoxia durante la detención de la respiración en la fase tónica es ampliamente reducido debido a la alta presión parcial de oxígeno en los tejidos y cerebro. Si una convulsión ocurre en una cámara de recompresión, es importante mantener al individuo de los azotes contra objetos duros para que no se lesione. La completa restricción de los movimientos del paciente no es necesaria ni deseable. La

mascarilla de oxígeno debe removese inmediatamente. No es necesario forzar la boca para abrirla e insertar una mordedera mientras una convulsión toma lugar. Después que la convulsión cede y la boca se relaja, mantenga la mandíbula arriba y adelante para aclarar las vías aéreas hasta que el buzo recupere la conciencia. La respiración invariablemente se reanuda en forma espontánea.

Las convulsiones pueden conducir a squeeze mientras se bucea con casco y suministro desde superficie si el buzo cae a grandes profundidades, pero las magulladuras y mordidas de lengua son probablemente las únicas consecuencias. Subir rápidamente a un buzo durante la convulsión podría posiblemente conducir a embolismo gaseoso. Cuando se usa scuba, la consecuencia más grave de las convulsiones es el ahogamiento. En esta situación, usar el sistema de respiración compartida puede significar la diferencia entre la vida y la muerte.

Los cambios bioquímicos en el SNC causados por alta ppO₂ no se invierten instantáneamente al reducirla. Si uno de los síntomas tempranos de la toxicidad por oxígeno ocurre, el buzo aún puede convulsionar por un minuto o dos después de haberle removido el gas con alta concentración de oxígeno. Uno no debería asumir que una convulsión por oxígeno no ocurrirá a menos que el buzo haya estado sin oxígeno durante 2 ó 3 minutos.

Si a un buzo con convulsiones por oxígeno se le previene de ahogarse o causarse otra lesión a sí mismo, se recobrará completamente sin que ocurran efectos posteriores dentro de 24 horas. La susceptibilidad a la toxicidad por oxígeno no se incrementa, aunque los buzos pueden estar más inclinados a notar los síntomas de aviso durante las exposiciones subsecuentes al oxígeno. No obstante, esto es probablemente más un aspecto psicológico.

3.10.2.3.2 Prevención. El mecanismo real de la toxicidad por oxígeno del SNC permanece desconocido a pesar de muchas teorías e investigaciones. Prevenirla es importante para los buzos. Cuando es ventajoso o necesario usar altas presiones de oxígeno, los buzos deben tomar precauciones sensibles, tales como asegurarse que el aparato de respiración está en buen estado, observando los límites de profundidad/tiempo, evitando el ejercicio o esfuerzo excesivo y prestando atención a los síntomas anormales que puedan aparecer.

3.10.3 Absorción de Gases Inertes. El cuerpo humano promedio a nivel del mar contiene alrededor de un litro de nitrógeno disuelto. Todos los tejidos del cuerpo están saturados con nitrógeno a una presión parcial igual a la del alvéolo, alrededor de 570 mmHg (0.75 ata). Si la ppN₂ cambia debido a un cambio en la presión de la composición de la mezcla respirable, la presión del nitrógeno disuelto en el cuerpo gradualmente alcanzará un nivel igual. Cantidad adicionales son absorbidas o algo del gas es eliminado, dependiendo del gradiente de presión parcial, hasta que la ppN₂ en los pulmones y tejidos esté balanceada.

Como describe la Ley de Henry, la cantidad de gas que se disuelve en un líquido es casi directamente proporcional a la presión parcial de ese gas. Si un litro de gas inerte es absorbido a una presión de 1 atmósfera, entonces 2 litros son absorbidos a 2 atmósferas y 3 litros a 3 atmósferas, etc.

El proceso de toma de más nitrógeno es llamado *absorción o saturación*. El proceso de ceder nitrógeno es llamado *eliminación o desaturación*. La cadena de eventos es esencialmente la misma en ambos procesos aún cuando la dirección del intercambio es opuesta. En buceo, la saturación (cuando el buzo está expuesto a un incremento de la ppN₂ a profundidad) y la desaturación (cuando retorna a la superficie) son importantes. El mismo proceso ocurre con el helio y otros gases inertes.

3-10.4 Saturación de los Tejidos. La secuencia de eventos en el proceso de saturación puede ser ilustrada considerando que pasa en el cuerpo de un buzo cuando es llevado rápidamente de la superficie a una profundidad de 100 fsw (Figura 3-17). Para simplificarlo, podemos decir que la ppN₂ en su sangre y tejidos al dejar la superficie es aproximadamente 0.8 ata. Cuando el

SATURACION DE LOS TEJIDOS

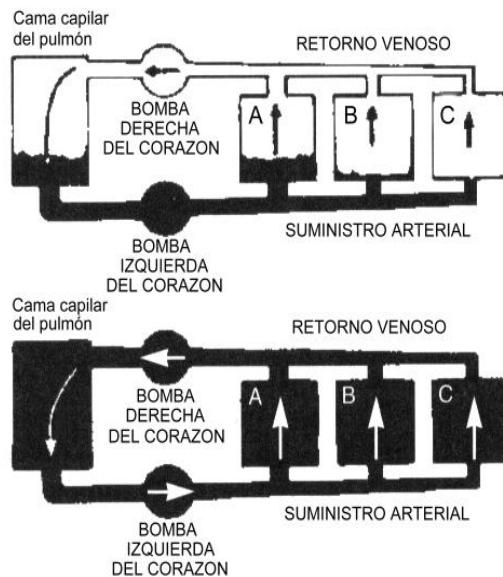


Figura 3-17. Saturación de los Tejidos. Las áreas sombreadas en el diagrama indican saturación con N₂ o He bajo una presión aumentada. La sangre llega a saturarse al pasar a través de los pulmones, y los tejidos son saturados por medio de la sangre. Aquellos tejidos con un gran suministro de sangre (como en el cuadro A arriba) son saturados mucho más rápido que los tejidos que tienen un suministro de sangre más pobre (C) o una capacidad de gas usualmente grande, como la que tienen los tejidos grises para el N₂. En un ascenso muy abrupto desde la profundidad, se podrían formar burbujas en la sangre arterial o en un tejido "rápido" (A) aunque el cuerpo en su totalidad esté lejos de la saturación. Si se ha estado mucho tiempo en la profundidad, todos los tejidos estarán saturados igualmente, como se muestra en el diagrama inferior.

buzo alcanza 100 fsw, su presión de nitrógeno alveolar en los pulmones será de alrededor de 0.8 x 4 ata ó 3.2 ata, mientras la sangre y tejidos permanecen temporalmente en 0.8 ata.

3-10.4.1

Proceso de Saturación de Nitrógeno. La diferencia de presión parcial o gradiente entre el aire alveolar y el de la sangre y tejidos es así 3.2 - 0.8, ó 2.4 ata. Este gradiente es la fuerza conductora que hace que las moléculas de nitrógeno se muevan por difusión de un lugar a otro. Considere los siguientes 10 eventos y factores en el buzo a 100 fsw:

1. Conforme la sangre pasa a través de los capilares alveolares, las moléculas de nitrógeno se mueven del aire alveolar hacia la sangre. Al tiempo que la sangre deja los pulmones, alcanza el equilibrio con la nueva presión del nitrógeno alveolar. Ahora tiene una tensión de nitrógeno (presión parcial) de 3.2 ata y contiene alrededor de 4 veces más nitrógeno que antes. Cuando esta sangre alcanza los tejidos, hay un gradiente similar y las moléculas de nitrógeno se mueven de la sangre a los tejidos hasta que el equilibrio es alcanzado.
2. El volumen de sangre en un tejido es relativamente pequeño comparado con el volumen del tejido y la sangre solamente puede llevar una cantidad limitada de nitrógeno. Debido a esto, el volumen de sangre que alcanza a un tejido en un período de tiempo corto pierde su exceso de nitrógeno hacia el tejido sin incrementar ampliamente la presión de nitrógeno tisular.

3. Cuando la sangre deja el tejido, la presión del nitrógeno en la sangre venosa es igual a la nueva presión de nitrógeno tisular. Cuando esta sangre va a través de los pulmones, otra vez alcanza el equilibrio a 3.2 ata.
4. Cuando la sangre retorna a los tejidos, otra vez pierde nitrógeno hasta alcanzar un nuevo equilibrio.
5. Conforme la presión de nitrógeno tisular se eleva, el gradiente sangre/tejido disminuye, reduciendo la proporción de intercambio de nitrógeno. Por lo tanto, la proporción a la cual la ppN₂ tisular se incrementa, se hace lenta conforme el proceso continúa. Sin embargo, cada volumen de sangre que alcanza los tejidos da algo de nitrógeno, el cual incrementa la presión parcial tisular hasta completar la saturación, en este caso se alcanzan 3.2 ata de nitrógeno.
6. Los tejidos que tienen un gran suministro de sangre en proporción a su propio volumen tienen más nitrógeno entregado a ellos en una cierta cantidad de tiempo y por lo tanto se aproximan a la saturación completa más rápidamente que los tejidos que tienen un pobre suministro de sangre.
7. Todos los tejidos corporales tienen componentes grasos y magros. Si un tejido tiene una gran capacidad inusual para el nitrógeno, tomará más sangre para recibir suficiente nitrógeno para saturarse completamente. El nitrógeno es alrededor de 5 veces más soluble (capaz de ser disuelto) en la grasa que en el agua. Por lo tanto, los tejidos grasos requieren mucho más nitrógeno y mucho más tiempo para saturarse completamente que los tejidos magros (acuosos), aún si el suministro sanguíneo es amplio. El tejido graso tiene un pobre suministro de sangre y por lo tanto se satura muy lentamente.
8. A 100 fsw, la sangre del buzo continúa tomando más nitrógeno en los pulmones y entregándolo a los tejidos, hasta que todos los tejidos han alcanzado la saturación a una presión de 3.2 ata de nitrógeno. Unos pocos tejidos acuosos los cuales tienen un excelente suministro sanguíneo estarán casi completamente saturados en unos pocos minutos. Otros, como las grasas con pobre suministro de sangre, pueden no estar completamente saturados a menos que el buzo se mantenga a 100 fsw por 72 horas o más.
9. Si se mantiene a una profundidad de 100 fsw hasta que la saturación se complete, el cuerpo del buzo contiene alrededor de 4 veces más nitrógeno que lo que tenía en superficie. Los buzos de talla promedio tendrán alrededor de 1 litro de nitrógeno disuelto en la superficie y alrededor de 4 litros a 100 fsw. Ya que la grasa retiene alrededor de 5 veces más nitrógeno que los tejidos magros, mucho del nitrógeno de los buzos está en su tejido graso.
10. Un factor importante acerca de la saturación de nitrógeno es que el proceso requerirá la misma cantidad de tiempo a pesar de la presión de nitrógeno involucrada. Por ejemplo, si el buzo ha estado a 33 fsw en lugar de 100, habría tomado lo mismo para saturarse completamente y traer su presión de nitrógeno al equilibrio. En este caso, el gradiente original entre el aire alveolar y los tejidos habría sido de solamente 0.8 ata en lugar de 2.4 ata. Por esto, la cantidad de nitrógeno entregada a los tejidos por cada ciclo de circulación sanguínea habría sido menor desde el principio. Menos nitrógeno habría sido entregado para saturarse a 33 fsw, pero la lenta proporción de entrega causaría que el tiempo total requerido sea el mismo.

3-10.4.2 Otros Gases Inertes. Cuando cualquier otro gas inerte, como el helio, es usado en la mezcla respiratoria, los tejidos del cuerpo llegarán a saturarse con el gas en el mismo proceso que con el nitrógeno. Sin embargo, el tiempo requerido para alcanzar la saturación es diferente para cada gas.

La presión total real de los gases en un tejido puede alcanzar significativamente supersaturación o subsaturación durante el intercambio de gas cuando un gas reemplaza a otro en los tejidos del cuerpo sin un cambio en la presión ambiente (intercambio isobárico de gas).

3-10.5

Desaturación de los Tejidos. El proceso de desaturación es el inverso de la saturación (Figura 3-18). Si la presión arterial del gas en los pulmones se reduce, ya sea por un cambio en la presión o un cambio en el medio respirable, el nuevo gradiente de presión induce a la difusión del nitrógeno de los tejidos a la sangre, de la sangre al gas en los pulmones, y entonces fuera del cuerpo con la expiración. Algunas partes del cuerpo se desatúran más lentamente que otras por la misma razón que se saturaron más lentamente: pobre suministro de sangre o gran capacidad para almacenar gas.

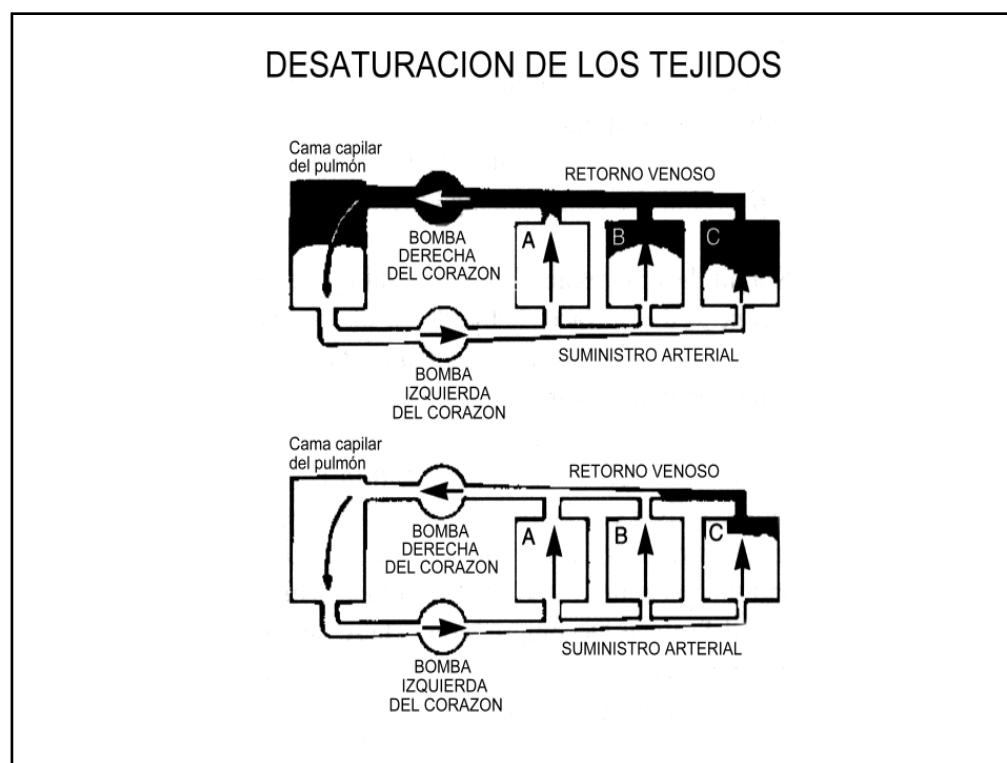


Figura 3-18. Desaturación de los Tejidos. El proceso de desaturación es esencialmente el reverso de la saturación. Cuando la presión del gas inerte es disminuida, el exceso de gas se elimina de la sangre conforme ésta va pasando a través de los pulmones. La sangre entonces elimina el gas de los tejidos en una proporción que depende de la cantidad de sangre que fluye a través de ellos cada minuto. Los tejidos con bajo suministro de sangre (como en C en el esquema superior) o con gran capacidad de gas se rezagarán y pueden mantenerse parcialmente saturados aún después de que otros tejidos lo hayan superado (vea el diagrama inferior). Si el buceo es lo bastante largo como para saturar cada uno de los tejidos, se requerirán largas paradas de descompresión para desatuar los tejidos lo bastante como para que no se le formen burbujas durante el ascenso.

3-10.5.1

Diferencias de Saturación/Desaturación. Hay una diferencia mayor entre saturación y desaturación. El cuerpo acomoda grandes y relativamente repentinos incrementos en la presión parcial del gas inspirado sin malos efectos. Sin embargo, lo mismo no es verdad para la desaturación, donde un gradiente de alta presión (hacia el exterior) puede conducir a problemas graves.

Un buzo trabajando a una profundidad de 100 fsw está bajo una presión total de 4 ata. La ppN₂ en el aire que está respirando es aproximadamente 3.2 ata (80% de 4 ata). Si su cuerpo es saturado con nitrógeno, la ppN₂ en sus tejidos también es de 3.2 ata. Si el buzo asciende rápidamente a la superficie, la presión hidrostática total sobre sus tejidos se reduciría a 1 ata, puesto que la tensión de nitrógeno en los tejidos permanecería momentáneamente a 3.2 ata.

3-10.5.2

Formación de Burbujas. Un gas disuelto puede tener una tensión más alta que la presión total en el cuerpo. Si un tejido está supersaturado con gas a este grado, el gas eventualmente se separa de la solución en forma de burbujas. Las burbujas de nitrógeno formadas en los tejidos y en la sangre resultan en la condición conocida como enfermedad de descompresión. Estas burbujas pueden presionar nervios, dañar tejidos delicados, bloquear el flujo de sangre a órganos vitales, inducir cambios bioquímicos y coagulación de sangre. Los síntomas pueden variar desde erupciones cutáneas a mediano malestar y dolor en las articulaciones y músculos, parálisis, entumecimiento, perdida de la audición, vértigo, inconsciencia y en casos extremos, la muerte.

Afortunadamente, la sangre y los tejidos pueden retener gas en solución supersaturada en algún grado sin formación grave de burbujas. Esto permite al buzo ascender unos pocos pies sin experimentar enfermedad de descompresión, mientras permita que algo del exceso de gas se difunda fuera de los tejidos y sea pasado al exterior de su cuerpo. Ascendiendo progresivamente en incrementos y esperando un periodo de tiempo en cada nivel, el buzo eventualmente alcanza la superficie sin experimentar enfermedad de descompresión.

3-10.6

Enfermedad de Descompresión. Como ha sido discutido, cuando la sangre y los tejidos de un buzo han tomado nitrógeno o helio en solución a profundidad, la reducción de la presión externa en el ascenso puede producir un estado de supersaturación. Sí la eliminación del gas disuelto, a través de la circulación y los pulmones, falla para mantenerse con la reducción de la presión externa, el grado de supersaturación puede alcanzar el punto en el cual el gas no puede permanecer más en solución. La situación entonces se asemeja a lo que sucede cuando una botella de bebida carbonatada es destapada.

3-10.6.1

Efectos Directos de las Burbujas. Los tejidos supersaturados pueden resultar en la formación de burbujas en los tejidos o en el flujo sanguíneo. También, las burbujas pueden provenir de los pulmones y entrar al flujo sanguíneo por sobreinflación pulmonar (embolismo gaseoso arterial). Una vez en el flujo sanguíneo estas burbujas causarán síntomas dependiendo solamente de donde queden, no de su fuente. Estas burbujas pueden ejercer sus efectos directamente de varias maneras:

- Bloqueo directo del suministro sanguíneo arterial conduciendo a hipoxia, lesión tisular y muerte. Esto es llamado embolismo y puede ocurrir del daño pulmonar (embolismo gaseoso arterial) o de las burbujas que alcanzan la circulación arterial durante la descompresión. El mecanismo normalmente causa síntomas cerebrales.
- Congestión venosa por burbujas o flujo sanguíneo lento y espeso, el cual lleva a un incremento de la presión. Este incremento en la presión conduce a hipoxia, lesión tisular y muerte. Este es uno de los mecanismos de lesión en la enfermedad de descompresión en la médula espinal.
- Presión directa sobre tejidos circundantes (burbujas autóctonas) causando estiramiento, presión sobre las terminales nerviosas o daño mecánico directo. Este es otro mecanismo para enfermedad de descompresión en médula espinal y puede ser un mecanismo para la enfermedad de descompresión musculoesquelética.
- Burbujas bloqueando el flujo sanguíneo en los pulmones que conduce a disminución del intercambio gaseoso, hipoxia e hipercapnia. Este es el mecanismo de daño en la enfermedad de descompresión pulmonar.

El tiempo de curso para estos Efectos Directos de las Burbujas es corto (unos pocos minutos u horas). El único tratamiento necesario es la recompresión. Este comprimirá la burbuja a un diámetro más pequeño. Esto restaura el flujo sanguíneo, disminuye la congestión venosa y mejora el intercambio gaseoso en los pulmones y tejidos. También incrementa la velocidad a la cual las burbujas se colapsan.

3-10.6.2

Efectos Indirectos de las Burbujas. Las burbujas también pueden ejercer sus efectos indirectamente, debido a que una burbuja presente en un vaso sanguíneo actúa como un cuerpo extraño. El cuerpo reacciona como si hubiera ceniza en el ojo o una astilla en la mano. Los mecanismos de defensa del cuerpo son alertados y tratan de rechazar el cuerpo extraño. Estos rechazos incluyen lo siguiente:

- En los vasos sanguíneos hay “escapes” (debido a liberaciones químicas). El plasma sanguíneo fuga mientras las células sanguíneas permanecen dentro. La sangre se torna gruesa y causa espesamiento y disminución de la presión a favor del flujo, con posible choque.
- El sistema plaquetario se activa y las plaquetas se amontonan en el sitio de la burbuja causando una forma de coágulo.
- Los tejidos lesionados liberan grasas que se agrupan en el flujo sanguíneo. Estas actúan como un émbolo, causando hipoxia tisular.
- Los tejidos lesionados liberan histamina y substancias parecidas a la histamina, causando edema, el cual lleva a problemas tipo alérgico de choque y angustia respiratoria.

La reacción a la burbuja toma lugar en un periodo más largo (hasta 30 minutos o más) que el de los efectos directos. Ya que el coágulo no compresible reemplaza a la burbuja compresible, la recompresión sola no es suficiente. Para restaurar el flujo sanguíneo y aliviar la hipoxia a menudo es requerido el tratamiento hiperbárico y otras terapias.

3-10.6.3

Síntomas de Enfermedad de Descompresión. Los síntomas resultantes dependen de la localización y tamaño de la o las burbujas. Los síntomas incluyen dolor en articulaciones, músculos o huesos cuando una burbuja está en una de estas estructuras. La formación de burbujas en el cerebro puede producir ceguera, desvanecimiento, parálisis y aún inconsciencia y convulsiones. Cuando está involucrada la médula espinal puede ocurrir parálisis y/o perdida de la sensibilidad. Las burbujas en el oído interno producen perdida de la audición y vértigo. Las burbujas en los pulmones pueden causar tos, respiración entrecortada e hipoxia, una condición referida como “los choques”. Esta condición frecuentemente resulta fatal. Las burbujas en la piel producen comezón, salpullido o ambos. La fatiga inusual o cansancio después de un buceo es probablemente debido a burbujas en lugares inusuales y a los cambios bioquímicos que ellas han inducido. La enfermedad de descompresión que afecta el SNC (cerebro o médula espinal) o pulmones puede producir graves incapacidades y pueden aún amenazar la vida si no son tratadas pronta y apropiadamente. Cuando otras áreas son afectadas tal como las articulaciones, la condición puede producir dolor intenso y conducir a daño local si no es tratado, pero la vida raramente es amenazada.

3-10.6.4

Tratando la Enfermedad de Descompresión. El tratamiento de la enfermedad de descompresión es realizado por recompresión. Esto envuelve poner a la víctima de nuevo bajo presión para reducir el tamaño de la burbuja y causar entonces que esta regrese a la solución y suministrar oxígeno extra a los tejidos hipóxicos. El tratamiento se hace en una cámara de recompresión, pero algunas veces puede realizarse en el agua si no se puede llegar a una cámara en un periodo de tiempo razonable. La recompresión en el agua no es recomendada, pero si se realiza, debe hacerse siguiendo procedimientos específicos. Más adelante se tratan los síntomas de las enfermedades de descompresión y el tratamiento por

completo en el Volumen 5.

Las investigaciones modernas han mostrado que los síntomas causados por las burbujas dependen de su última localización y no de su fuente. Las burbujas que entran a la circulación arterial desde los pulmones (síndrome de sobreinflación pulmonar) tienen exactamente los mismos efectos que aquellas que se presentan de los tejidos corporales y células (enfermedad de descompresión) las cuales encuentran su camino dentro de la circulación arterial. Esto significa que el tratamiento de enfermedades causadas por burbujas es dependiente de los últimos síntomas y la gravedad de estos y no sobre el origen de las burbujas.

Estos hallazgos han llevado a nuevos protocolos de tratamiento en los cuales el tratamiento inicial para embolismo gaseoso arterial y enfermedad de descompresión es el mismo, recompresión a 60 fsw. Después de eso, el tratamiento procede de acuerdo a la condición del paciente y la respuesta a la terapia. Muchos concuerdan con la opinión de que los Efectos Directos de las Burbuja son la causa de que los síntomas ocurran poco después de llegar a superficie. Estos casos usualmente responden a la sola recompresión. No obstante, entre más tarde aparezcan los síntomas al llegar a la superficie, más probable es que el efecto de las burbujas sea el responsable de los síntomas, más que las burbujas por sí mismas. En esta situación, la sola recompresión será menos efectiva.

3-10.6.5 Previendo la Enfermedad de Descompresión. La prevención de las enfermedades de descompresión es realizada generalmente siguiendo las tablas de descompresión. Sin embargo, la susceptibilidad individual o las condiciones inusuales, ya sea en el buzo o en conexión con el buceo, produce un pequeño porcentaje de casos aún cuando los procedimientos de buceo apropiados son seguidos meticulosamente. Para estar absolutamente libre de enfermedad de descompresión bajo todas las circunstancias posibles, el tiempo especificado de descompresión tendría que ser prolongado en exceso al necesitado normalmente. Por otro lado, bajo circunstancias ideales, algunos individuos pueden ascender seguramente en menos tiempo que el especificado en las tablas. Esto no debe ser tomado para querer decir que las tablas contienen un factor de seguridad innecesariamente amplio. Las tablas representan el mínimo tiempo de descompresión práctico que permite al promedio de los buzos salir a superficie de manera segura desde los buceos de trabajo normales sin una incidencia inaceptable de enfermedad de descompresión.

3-10.7 Síndrome Nervioso de Alta Presión (HPNS). El Síndrome Nervioso de Alta Presión es un desarreglo de la función del SNC que ocurre durante los buceos profundos con helioxígeno, particularmente los buceos de saturación. La causa es desconocida. Las manifestaciones clínicas incluyen náusea, temblores finos, desbalance, incoordinación, perdida de la destreza manual y perdida de la alerta. Los calambres abdominales y diarrea se desarrollan ocasionalmente. En casos graves un buzo puede desarrollar vértigo, indiferencia extrema a su alrededor y confusión marcada tal como incapacidad para distinguir la mano derecha de la izquierda. El HPNS es notado primero entre 400 y 500 fsw y la gravedad parece ser dependiente de la profundidad y la velocidad de compresión. Con compresiones lentas, pueden alcanzarse profundidades de 1,000 fsw con relativa libertad del HPNS. Más allá de eso, algún HPNS puede presentarse prescindiendo de la velocidad de compresión. Los intentos para bloquear la aparición del síndrome han incluido la adición de nitrógeno o hidrógeno a la mezcla respirable y el uso de diversas medicinas. Ningún método parece ser completamente satisfactorio.

3-10.8 Dolores por Compresión. Los dolores por compresión (referido como artralgia de compresión) resulta del incremento de la presión externa que rodea al cuerpo. Estos dolores afectan las articulaciones y pueden ocurrir en casi cualquier buzo. Han sido experimentados en las rodillas, hombros, dedos, espalda, cadera, cuello y costillas. Los dolores por compresión frecuentemente son continuos y profundos, similares a aquellos de las enfermedades de descompresión Tipo I. Sin embargo, los dolores pueden ser relativamente

repentinos en su instalación e inicialmente intensos. Estos dolores pueden estar acompañados por “tronidos” de las articulaciones o un seco, sentimiento “arenoso” dentro de la articulación.

Los síntomas son dependientes de la profundidad, velocidad de compresión y susceptibilidad individual. Mientras primariamente se encontró el problema en buceo de saturación, los síntomas pueden ocurrir a profundidad tan bajas como 100 fsw a velocidades de compresión rápidas, tal como es visto en buceos con aire. A profundidad, en los buceos de saturación con helio y velocidades de compresión lentas, los síntomas son más comúnmente vistos a más profundidad que 300 fsw. A profundidades mayores que 600 fsw, los dolores por compresión pueden ocurrir aún a velocidades de compresión muy lentas. Estos dolores pueden ser lo bastante severos como para limitar la actividad del buzo, la velocidad de traslado y las profundidades durante las excursiones descendentes. El mejoramiento generalmente es notado conforme pasa el tiempo a la profundidad pero, en ocasiones, estos dolores pueden durar bien adentro de la fase de descompresión del buceo hasta alcanzar menores profundidades. Se pueden distinguir de los dolores de enfermedad de descompresión porque se presentaron antes de que se inició descompresión y no se incrementan en intensidad con la disminución de la profundidad.

El mecanismo del dolor por compresión es desconocido, pero es más bien resultado del incremento súbito en la tensión del gas tisular alrededor de las articulaciones causando cambios de fluidos e interfiriendo con la lubricación de la articulación.

3-11 PELIGROS FISIOLOGICOS POR MUNICIONES

Los buzos frecuentemente trabajan con materiales explosivos o están envueltos en natación de combate y por lo tanto pueden estar sujetos a los riesgos de explosiones submarinas. Una explosión es la expansión violenta de una sustancia causada por la liberación de gases durante una combustión rápida. Un efecto de una explosión es la onda de choque que viaja desde el centro hacia el exterior, algo parecido a la propagación de ondas producida por la caída de una piedra en el agua de una alberca. Esta onda de choque moviéndose a través del medio que lo rodea (ya sea aire o agua) transmite a su paso una parte de la fuerza de la explosión.

Una onda de choque se mueve más rápidamente y es más pronunciada en el agua que en el aire debido a la relativa incompresibilidad de los líquidos. Ya que el cuerpo humano es la mayor parte agua e incompresible, una onda de choque submarina pasa a través del cuerpo con poco o ningún daño a los tejidos sólidos. Sin embargo, los espacios aéreos del cuerpo, aunque puedan estar con la presión balanceada respecto al medio ambiente, no transmiten fácilmente la sobrepresión de la onda de choque. Como resultado, los tejidos que cubren los espacios aéreos estarán sujetos a una violenta fuerza de fragmentación en la interfase entre los tejidos y el gas.

La cantidad de daño al cuerpo es influenciada por un número de factores. Estos incluyen el tamaño de la explosión, la distancia desde el sitio y el tipo de explosivo (debido a la diferencia en la manera en que progresó la expansión en los diferentes tipos de explosivos). En general las explosiones que se desarrollan más lento, grandes y cerradas son más peligrosas. La profundidad del agua y tipo de fondo (el cual puede reflejar y amplificar la onda de choque) pueden tener también un efecto. Bajo condiciones promedio, una onda de choque de 500 psi o más grandes causará lesiones a los pulmones y al tracto intestinal.

La extensión de la lesión también es determinada en parte por el grado en el cual está sumergido el cuerpo del buzo. Para una explosión submarina, cualquier parte del cuerpo que esté fuera del agua no es afectada. Inversamente, para una explosión aérea las grandes profundidades proporcionan más protección. La máxima presión de choque a la que un buzo debe exponerse es de 50 psi. El procedimiento más seguro y recomendado es tener a todos

los buzos fuera del agua si se planea o anticipa una explosión submarina. Un buzo que se anticipa a una explosión submarina cercana debería tratar de lograr que todo o la mayoría de su cuerpo salga del agua. Si está en el agua, la mejor acción del buzo es flotar boca arriba, presentando los densos tejidos de la espalda a la explosión.

3-12 PROBLEMAS TERMICOS Y OTROS PROBLEMAS FISIOLOGICOS EN EL BUCEO

Los problemas térmicos derivados de la exposición al agua fría tienen la principal consideración cuando se planean buceos operacionales y se selecciona el equipo. El buzo trabajando comúnmente experimenta perdida de calor durante la inmersión y frecuentemente espera estar tiritando molestante al final del buceo. Los límites del tiempo de fondo pueden estar determinados por la tolerancia del buzo al frío más que por consideraciones de descompresión.

El cuerpo humano funciona efectivamente dentro de un estrecho rango de temperatura interna. La temperatura central promedio, o normal, es de 98.6 °F (37 °C) es mantenida por mecanismos naturales del cuerpo, ayudados por medidas artificiales tales como el uso de ropa protectora o aire acondicionado cuando las condiciones externas tienden hacia el frío o calor extremo. El recalentamiento antes de un buceo repetitivo es tan importante como el cálculo de niveles de nitrógeno residual.

Cuando la temperatura del cuerpo se reduce debajo de lo normal, la absorción de gas se incrementa. Esto requiere modificaciones a los procedimientos de descompresión seleccionando una tabla de descompresión apropiada para la siguiente cédula de buceo más larga o más profunda.

- 3-12.1 Regulando la Temperatura Corporal.** Los procesos metabólicos del cuerpo generan calor constantemente. Si se permite que el calor aumente dentro del cuerpo, puede ocurrir daño celular. Para mantener la temperatura interna a un nivel apropiado, el cuerpo debe perder calor en igual cantidad al que produce.

La transferencia de calor es realizada de diversas maneras. La sangre, mientras circula a través del cuerpo, recoge el exceso de calor y lo lleva a los pulmones donde algo de este calor se pierde con la exhalación. El calor también es transferido a la superficie de la piel, donde mucho de este es disipado a través de una combinación de conducción, convección y radiación. La humedad liberada por las glándulas sudoríparas enfriá la superficie del cuerpo conforme esta se evapora y acelera la transferencia de calor de la sangre al aire ambiental. Si el cuerpo está trabajando duro y generando cantidades de calor más grandes que lo normal, los vasos sanguíneos cercanos a la piel se dilatan para permitir que más sangre caliente alcance la superficie del cuerpo y las glándulas sudoríparas incrementen su actividad.

Mantener la apropiada temperatura del cuerpo es particularmente difícil para un buzo trabajando bajo el agua. El principal problema de control de temperatura encontrado por los buzos es mantener el cuerpo templado. La alta conductividad térmica del agua, acoplada con las aguas normalmente frescas a frías en las que operan los buzos, puede resultar en una rápida y excesiva perdida de calor.

- 3-12.2 Pérdida Excesiva de Calor (Hipotermia).** Cuando el agua fría entra a un traje seco o a uno húmedo, el buzo experimenta una repentina caída en la temperatura de la piel. Si un buzo sin protección térmica es introducido súbitamente en agua muy fría, los efectos son inmediatos y rápidamente incapacitantes. El buzo se sofoca y su frecuencia respiratoria y volumen de ventilación pulmonar se incrementan. Su respiración se hace tan rápida e incontrolada que no la puede coordinar ni tampoco sus movimientos natatorios. Esta falta de control de la respiración hace muy improbable la supervivencia en aguas muy frías y tempestuosas.

Se requiere una temperatura del agua de aproximadamente 91 °F (33 °C) para mantener a un hombre en reposo y desprotegido a una temperatura estable. El buzo desprotegido será afectado por la excesiva perdida de calor y llegará a enfriarse dentro de un corto periodo de tiempo en aguas con temperatura debajo de los 72 °F (23 °C). Conforme la temperatura del cuerpo cae, el buzo siente primero molestias, y entonces, como su cuerpo intenta incrementar la producción de calor en los músculos, empieza a estremecerse. Si el enfriamiento continúa, su capacidad para ejercer trabajo útil se perjudica seriamente; su sentido del tacto es disminuido y sus manos pierden destreza. Mientras los escalofríos se intensifican, ocasionan una falta general de coordinación y un buzo scuba puede experimentar dificultad para mantener la boquilla en su lugar. Pronto pierde su capacidad para pensar claramente y encuentra incrementada la dificultad para concentrarse.

En temperaturas extremadamente bajas o en inmersiones prolongadas, la perdida de calor del cuerpo alcanza un punto en el cual ocurre la muerte. Los trajes apropiados pueden reducir grandemente los efectos de la perdida de calor y un buzo con el traje adecuado puede trabajar en aguas muy frías por periodos de tiempo razonables.

Los gases inhalados son calentados en el tracto respiratorio superior. Se requiere más energía para calentar los gases más densos encontrados a profundidad. Así, la perdida de calor a través del tracto respiratorio llega a ser un factor altamente significativo en los buceos profundos. De hecho, se puede desarrollar choque respiratorio si un buzo respira gas sin calentar mientras hace buceos de saturación profundos a la temperatura normal del agua.

3-12.2.1

Regulación de la Temperatura Interna. La habilidad del cuerpo para tolerar ambientes fríos se debe al aislamiento natural y a los medios integrados de regulación de calor. La temperatura no es uniforme en todo el cuerpo. Es más adecuado considerar el cuerpo en términos de un centro interior, donde la temperatura constante o uniforme prevalece y una región superficial, a través de la cual existe un gradiente de temperatura desde el centro a la superficie corporal. Por encima del tronco del cuerpo, el espesor de la capa superficial puede ser de 1 pulgada (2.5 cm). Las extremidades se vuelven una cubierta aislante superficial cuando su flujo sanguíneo se reduce para proteger el centro.

Una vez en el agua, la perdida de calor a través de la capa superficial es disminuida por la reducción de flujo sanguíneo a la piel. La vasoconstricción (estrechamiento de los vasos sanguíneos) automática inducida por el enfriamiento, baja la conductancia de calor de la superficie corporal y mantiene el calor del centro del cuerpo. Desdichadamente, la regulación vasoconstrictiva de la perdida de calor solo tiene un estrecho rango de protección. Cuando las extremidades son puestas inicialmente dentro de agua muy fría, ocurre vasoconstricción y el flujo sanguíneo se incrementa y fluctúa arriba y abajo mientras las extremidades estén en el agua fría. Como la circulación y la perdida de calor se incrementa, la temperatura del cuerpo cae y puede continuar cayendo, aunque la protección de calor se incremente por los escalofríos.

Mucha de la perdida de calor en el área del tronco es transferida a través de la corta distancia desde los órganos profundos a la superficie del cuerpo por conducción física, la cual no está bajo ningún control fisiológico. La mayoría de la perdida de calor del cuerpo en agua moderadamente fría es desde el tronco y no de las extremidades.

3-12.2.2

Efectos del Ejercicio en la Hipotermia. El ejercicio normalmente incrementa la producción de calor y la temperatura del cuerpo en condiciones secas. Paradójicamente, el ejercicio en agua fría puede causar que la temperatura corporal caiga más rápidamente. Cualquier movimiento que agite el agua en contacto con la piel crea una turbulencia que acarrea el calor (convección). La perdida de calor no solo es causada por convección en las extremidades, sino también es por el incremento del flujo sanguíneo en las extremidades durante el ejercicio. El movimiento continuo causa que las extremidades se asemejen más al centro interior del cuerpo que a la capa aislante superficial. Estos dos efectos conflictivos dan

por resultado que la temperatura central sea mantenida o incrementada en agua templada y disminuida en agua fría.

El incremento en la producción de calor requiere un incremento equivalente en el consumo de oxígeno. El volumen respiratorio minuto de los pulmones debe incrementarse en la misma magnitud. Si un buzo está respirando 9 litros de aire por minuto en reposo en el agua y empieza a tiritar, su producción de calor puede incrementarse 3 veces para compensar el enfriamiento. Su ventilación respiratoria se incrementa a 36 l/min. En este ejemplo, el buzo tendría el mismo consumo de aire manteniéndose caliente en reposo que cuando ejecuta trabajo moderado en agua caliente.

- 3-12.2.3 **Síntomas de la Hipotermia.** Todos estos factores trabajan contra el buzo. Aún su aislamiento natural y función protectora cede al agua fría. La capacidad de pensamiento del buzo llega a deteriorarse, y el efecto de este deterioro en el uso de sus manos y otras funciones motoras puede impedir el escoger y ejecutar el mejor procedimiento para completar una tarea. En algunos casos, su supervivencia puede estar en riesgo.

Los signos y síntomas de la caída de la temperatura corporal central, desde los primeros efectos notables a la muerte, son listados en la Tabla 3-1. El tratamiento para la hipotermia se discute en el Volumen 5.

Tabla 3-1. Signos y Síntomas de la Caída de la Temperatura Corporal

Temperatura Central		
°F	°C	Síntomas
98	37	Sensaciones de frío, vasoconstricción de la piel, aumento en la tensión de los músculos, aumento en el consumo de oxígeno
97	36	Tremblor esporádico disimulado por movimientos voluntarios, temblor general por momentos, posterior aumento en el consumo de oxígeno
95	35	Límite de tolerancia voluntaria en experimentos de laboratorio, confusión mental, deterioro del entendimiento racional, posible ahogamiento, disminución del esfuerzo
93	34	Pérdida de la memoria, deterioro del habla, deterioro de la función sensorial, deterioro del funcionamiento motor
91	33	Alucinaciones, delirio, pérdida parcial de la conciencia, temblor dañino
90	32	Irregularidades en el ritmo cardíaco, funcionamiento motor deteriorado en general
88	31	Se detienen los temblores, falla para reconocer personas familiares
86	30	Rigidez de los músculos, no hay respuesta al dolor
84	29	Pérdida de la conciencia
80	27	Fibrilación ventricular (pulso cardiaco ineficaz), músculos flácidos
79	26	Muerte

3-12.3 **Calor Excesivo (Hipertermia).** El buceo en áreas tropicales, tales como el Medio Oriente, puede exponer al buzo a estrés calórico dentro y fuera del agua. La exposición al calor antes del buceo puede conducir a deshidratación significativa poniendo en riesgo al buzo una vez que entra al agua. Esto es verdad especialmente si tiene que usarse un traje protector por la vida marina o agua contaminada. En este momento no están disponibles unas guías específicas basadas en las exposiciones temperatura/tiempo, pero la hipertermia debe considerarse un riesgo potencial todo el tiempo cuando la temperatura del aire excede 90 °F y la temperatura del agua esté arriba de 82 °F.

3-12.3.1 **Factores de Estrés Calórico.** La magnitud del estrés calórico impuesto sobre un buzo depende de la temperatura del agua, la duración del buceo, la ropa de protección térmica y la manera en la que el buzo está trabajando. El estrés calórico está relacionado al aumento de la temperatura corporal central. Un individuo se considera que está desarrollando hipertermia cuando la temperatura central se eleva 1.8 °F (1 °C) arriba de lo normal (98.6 °F, 37 °C). La temperatura central máxima, considerada segura es 102.2 °F (39 °C). Un buzo vistiendo un traje húmedo en agua fría puede alcanzar su límite superior mientras ejecuta un trabajo fuerte, como un buzo sin protección térmica en agua caliente y trabajando menos fuerte. Si durante el trabajo un buzo siente calor y malestar, entonces debe considerar disminuir su ritmo de trabajo o limitar su exposición.

Las diferencias individuales afectaran el desarrollo de la hipertermia. Es menos probable que los individuos con más altos niveles de aptitud física y bajos niveles de grasa corporal desarrollen hipertermia. Bebiendo cantidades adecuadas de líquidos se reduce el riesgo, comparado con los buzos deshidratados. El alcohol o las bebidas con cafeína deben evitarse ya que pueden producir deshidratación. No deben usarse los medicamentos que contengan antihistamínicos o aspirina para buceos en agua caliente. La edad (20-40 años), el sexo y la raza no alteran el riesgo de hipertermia. El riesgo de toxicidad aguda por oxígeno puede incrementarse en buceos en agua caliente donde se respira O₂ al 100%, por esto las precauciones deben aumentarse. No hay evidencia de que los buceos en agua caliente incrementen el riesgo de enfermedad de descompresión.

3-12.3.2 **Aclimatación.** La aclimatación es el proceso donde las exposiciones repetidas al calor reducen (pero no eliminan) la elevación en la temperatura central. Un mínimo de 5 días consecutivos de aclimatación buceando en agua caliente es necesario para ver un incremento en la tolerancia al calor. El ejercicio es esencial para la aclimatación al calor. Donde es posible, se debe hacer aclimatación antes de intentar buceos de trabajo de larga duración. La aclimatación debe iniciarse con exposiciones cortas y trabajos ligeros. Todo el personal de apoyo también debería estar aclimatado al calor. Sin embargo, los buzos aclimatados completamente pueden desarrollar hipertermia. Los beneficios de la aclimatación empieza a desaparecer en 3 a 5 días después de interrumpir la exposición al agua caliente. La aclimatación puede mantenerse buceando o nadando en agua caliente los días en que el buzo no está programado para un trabajo de buceo.

3-12.3.3 **Síntomas de Hipertermia.** Los signos y síntomas de hipertermia pueden variar entre los individuos. Puesto que un buzo puede haber estado en agua que puede no considerarse caliente, el personal de apoyo no debe confiarse solo sobre los signos y síntomas clásicos de estrés calórico para las exposiciones en tierra. La Tabla 3-2 muestra un listado de los signos y síntomas de estrés calórico comúnmente encontrados en buceo.

La frecuencia respiratoria más alta que la esperada normalmente para el grado de trabajo es un aviso temprano de hipertermia. La frecuencia respiratoria excesiva mantenida por más de 1-2 minutos puede producir desorientación ligera, contracciones musculares, dolor de cabeza e inconsciencia.

La habilidad mental empieza a deteriorarse con una temperatura central mayor que 100.5 °F. La habilidad para aprender y retener nueva información se deteriorará. Los patrones de nado

Tabla 3-2. Signos de Estrés Calórico.

Menos Severo	Ritmo de respiración alto Sentimiento de estar caliente, incómodo Poca salida de orina Inhabilidad para pensar claramente Nado o trabajo errático Fatiga Mareo o dolor de cabeza Nausea Calambres musculares Aumento rápido del pulso Desorientación, confusión Cansancio Colapso
Más Severo	Muerte

o conducta de trabajo pueden progresivamente tornarse más erráticos. En el momento en que la temperatura central del buzo alcanza 102 °F puede presentarse notable confusión mental.

3-12.3.4

Impacto de la Hipertermia en el Grupo de Buceo. La probabilidad de hipertermia se incrementa con el tiempo de buceo. La deshidratación puede ocurrir principalmente a través de la sudoración; la orina puede estar ausente. Una perdida de peso de 2 libras después de un buceo indica una perdida de $\frac{1}{4}$ del agua corporal. Perdidas mayores de 4 libras indican una marcada deshidratación. Un rápido incremento en la frecuencia del pulso indica hipertermia severa. Los buzos pueden experimentar la sensación de estar calientes, fatigados, desorientados o con náusea antes del colapso. El colapso puede ocurrir súbitamente sin signos de aviso previos.

Los buzos pueden parecer físicamente funcionales en el agua, pero colapsarse cuando salen del agua. Por lo tanto, todos los buzos que han estado en el agua por más de una hora deben ser asistidos fuera del agua y monitoreados cuidadosamente. Si ellos se sienten desorientados cuando están de pie, deben recostarse, recibir rehidratación adecuada y cesar el buceo hasta el siguiente día.

3-12.3.5

Previniendo la Hipertermia. Parecido a la hipotermia, la hipertermia puede ser insidiosa y causar problemas sin que el buzo esté enterado. La aclimatación, la hidratación adecuada, la experiencia y el sentido común juegan un papel en la prevención de la hipertermia. Resguarde al personal del sol y mantenga la cantidad de ropa al mínimo. Es esencial una adecuada hidratación antes del buceo. El orinar 1 ó 2 veces por hora, donde la orina es pálida y clara, normalmente indica hidratación adecuada. Los buzos en standby y el personal de apoyo deben consumir alrededor de $\frac{1}{4}$ de líquido por hora en ambientes calientes. Son recomendables los períodos frecuentes de descanso.

3-12.4

Deshidratación. La deshidratación concierne a los buzos, particularmente en zonas templadas. Es definida como una perdida excesiva de agua de los tejidos del cuerpo y es acompañada por trastornos en el balance de los electrolitos esenciales, particularmente el sodio, potasio y cloro.

3-12.4.1

Causas de la Deshidratación. La deshidratación puede ocurrir a través de la transpiración excesiva o respirando gases secos por largos períodos.

La inmersión en agua crea una condición que asemeja un estado libre de gravedad. El peso del cuerpo y el gradiente hidrostático en el sistema circulatorio están casi exactamente equilibrados por la presión ambiental del agua. Esto reduce el volumen de sangre estancada en las venas de las piernas y resulta en un incremento en el volumen sanguíneo central, llevando a una aumentada pérdida de agua del cuerpo durante el buceo.

- 3-12.4.2 **Previendo la Deshidratación.** La deshidratación da la sensación de aumentar la incidencia de enfermedad de descompresión. La prevención es la mejor medicina. Los buzos deben incrementar la toma de líquidos durante las operaciones de buceo para mantenerse ellos mismos bien hidratados.
- 3-12.5 **Hipoglicemia.** La hipoglicemia es una disminución anormal del nivel de azúcar (glucosa) sanguínea. Es una condición que no se debe a problemas respiratorios, pero puede complicar o confundirse con estos. El azúcar, derivado de los alimentos, es el principal combustible del cuerpo. Es llevado a los tejidos por la sangre y si el nivel sanguíneo baja, se afecta la función tisular.
- 3-12.5.1 **Síntomas de Hipoglicemia.** El cerebro es especialmente sensible a la deficiencia de glucosa. La gran variedad de síntomas puede algunas veces asemejarse estrechamente a otras condiciones en las cuales la función cerebral es afectada, incluyendo la intoxicación por bióxido de carbono, hipoxia, envenenamiento por monóxido de carbono, toxicidad por oxígeno y embolismo gaseoso arterial. Algunos de los síntomas más comunes son apetito inusual, sudoración excesiva, entumecimiento, escalofríos, dolor de cabeza, temblor, mareo, confusión, incoordinación, ansiedad y desfallecimiento. En los casos severos, puede ocurrir perdida de la conciencia y convulsiones.
- 3-12.5.2 **Causas de Hipoglicemia.** Hay diversas causas posibles de hipoglicemia. La simple carencia de alimento tiende a reducir el nivel de azúcar en la sangre, pero el cuerpo normalmente puede tomar de su suministro almacenado para mantener el nivel cerca de lo normal por largo tiempo. Unos pocos individuos que están de otro modo con buena salud, desarrollarán algún grado de hipoglicemia si no comen frecuentemente. Diversos ejercicios con un estómago vacío ocasionalmente traerán los síntomas aún en una persona que ordinariamente no tiene anomalías al respecto. Normalmente, el cuerpo secreta insulina, la cual promueve el uso y almacenamiento de glucosa. Las personas con diabetes no secretan suficiente insulina y tienen un exceso de glucosa en su sangre. Ellos deben tomar insulina por inyección para prevenir los síntomas de la enfermedad y para mantener su azúcar sanguíneo en un nivel normal. Si ellos toman demasiada, o si algún factor tal como trabajo duro inesperado reduce la cantidad necesitada, puede desarrollarse hipoglicemia grave rápidamente. Por esta razón, la diabetes es considerada mal riesgo en el buceo.
- 3-12.5.3 **Previendo la Hipoglicemia.** La posibilidad de hipoglicemia se incrementa durante largas operaciones de buceo. El personal tiene una tendencia a saltarse comidas o comer fuera de horario durante las operaciones. Por esta razón, la prevención a través de la nutrición apropiada es la mejor medicina. Antes de largos, fríos y arduos buceos, los buzos deben ser estimulados a cargarse de carbohidratos. Para más información ver el Reporte 89-94 del Instituto de Investigación Médica Naval (NMRI). Un buzo que frecuentemente experimenta debilidad definida (u otros de los síntomas mencionados) cuando no come, debe hacerse un examen físico para determinar si la hipoglicemia es la causa y si es particularmente susceptible a ella. Si se presenta hipoglicemia, dando azúcar por vía oral (o si la víctima está inconsciente dar glucosa intravenosa) se alivian de los síntomas rápidamente y se prueba el diagnóstico.

Página en blanco intencionalmente

CAPITULO 4

Sistemas de Buceo

4-1 INTRODUCCION

- 4-1.1** **Objetivo.** El propósito de este Capítulo es promulgar una política general para el mantenimiento de sistemas y equipos de buceo.
- 4-1.2** **Alcance.** Este Capítulo proporciona una guía general que aplica al mantenimiento de todos los sistemas y equipos de buceo. En los manuales de operación y mantenimiento militares y del fabricante (O&M), en las tarjetas de requerimientos de mantenimiento (MRC) y en los sistemas de mantenimiento planeado (PMS) se encuentran procedimientos detallados para el mantenimiento de los sistemas y equipos de buceo.

4-2 INFORMACION GENERAL

- 4-2.1** **Prioridad de Documentos.** Si se presenta un conflicto entre los documentos que contienen los procedimientos de mantenimiento para sistemas y equipos de buceo, se requieren las siguientes acciones:
1. Los documentos PMS/MRC tienen prioridad.
 2. Si los documentos PMS/MRC son inadecuados o están incorrectos, tiene prioridad el manual militar O&M aplicable. Reporte los documentos PMS inadecuados o incorrectos a través de los reportes de retroalimentación PMS de acuerdo con las instrucciones PMS actuales.
 3. Si los documentos PMS/MRC o el manual militar O&M son inadecuados o están incorrectos, tiene prioridad el manual técnico del fabricante. Reporte la información técnica del manual militar si es inadecuada o está incorrecta de acuerdo con los procedimientos del manual técnico afectado.

Llame a NAVSEA o NAVFAC antes de desechar cualquier procedimiento de mantenimiento requerido en equipos de buceo certificados. El no hacerlo puede comprometer la certificación.

- 4-2.2** **Equipo Autorizado para su Uso por la Marina (ANU).** El equipo usado para las operaciones de buceo debe estar autorizado para su uso por la lista NAVSEA/00C Equipo Autorizado para su Uso por la Marina (ANU) o tener una certificación actual NAVSEA o NAVFAC de seguridad del equipo. El Supervisor de Buceo del comando de Sistemas Marinos Navales (Código 00C3B) es la autoridad reconocida por la lista ANU NAVSEA/00C. Los sistemas de buceo suministrado desde superficie, sistemas de cámaras hiperbáricas y los UBA seleccionados para nado libre deben estar certificados de acuerdo con el Manual de Certificación de Seguridad de los Sistemas Hiperbáricos Tripulados y de Buceo de la Marina de E. U. (SS521-AA-MAN-010).

La publicación para la Continuación del Libro de Certificación Para los Sistemas de Buceo de la Marina de E. U. (SS521-AB-HBK-010) también proporciona información concerniente al mantenimiento de la certificación de sistemas.

- 4-2.3** **Autoridad para Certificación de Sistemas (SCA).** El Comando de Sistemas Marinos Navales Código 00C4 es la autoridad SCA para todos los sistemas Hiperbáricos y de buceo a flote y portátiles. El Comando de Ingeniería e Instalaciones Navales Código 00CE es la autoridad SCA para todos los sistemas Hiperbáricos y de buceo con base en tierra. El

Comando de sistemas Marinos Navales Código 92Q es la autoridad SCA para los sistemas de buceo de una atmósfera (buceo atmosférico) y submarinos empleados para Refugios de Cubierta Seca.

- 4-2.4** **Sistemas de Mantenimiento Planeado.** Los equipos de buceo deben ser mantenidos de acuerdo con los paquetes PMS aplicables. El hecho de no mantener los equipos de acuerdo con las guías actuales PMS reduce la confiabilidad del equipo y puede invalidar la certificación de seguridad del sistema para los sistemas certificados formalmente.
- 4-2.5** **Alteración de Equipos de Buceo.** Los equipos de buceo no deben ser modificados o alterados en su configuración a menos que una previa aprobación escrita haya sido garantizada por el director del programa técnico de equipos de buceo.
- 4-2.5.1** **Directores de Programa Técnico para Sistemas con Base en Tierra.** Las alteraciones para los sistemas con base en tierra son manejadas por el Comando de Ingeniería e Instalaciones Navales (Código 00CE), quien es la autoridad técnica reconocida para el desarrollo y aprobación de alteraciones de sistemas con base en tierra.
- 4-2.5.2** **Directores de Programa Técnico para Otros Aparatos de Buceo.** Los directores de programa técnico para otros aparatos de buceo son:
- EX 14 – NAVSEASYSCOM (PMS-395)
 - MK 16 – NACSEASYSCOM (PEO-MIW)
 - MK 20 – NAVSEASYSCOM (SEA 00C)
 - MK 21 – NAVSEASYSCOM (SEA 00C)
 - MK 25 (LAR-V) – NAVSEASYSCOM (PMS 325)
 - Refugios de Cubierta Seca – NAVSEASYSCOM (PMS 395)
- 4-2.6** **Procedimientos de Operación y de Emergencia.** Los procedimientos de operación (OP) son hojas de verificación detallada para operar el sistema de buceo y realizar varios trabajos relacionados con el sistema. Todos los sistemas de buceo y de cámaras de recompresión deben ser operados de acuerdo con un juego de procedimientos de operación (OP) y procedimientos de emergencia (EP) NAVSEA o NAVFAC aprobados y requieren la firma del Oficial al Mando o del OIC en la página de cubierta como una revisión final.
- 4-2.6.1** **OP/EP Estandarizados.** Los equipos de buceo estandarizados tales como el Sistema de Buceo con Suministro desde Superficie de Peso Ligero MK 3, el Sistema de Cámara de Recompresión Portátil (TRCS) y los equipos con certificado de clase tales como los Aparatos de Respiración Subacuática MK 16 y MK 25 deben ser operados por un simple juego de OP/EP estandarizados que son incluidos como parte del Manual de Operación y Mantenimiento del sistema.
- Los cambios y actualizaciones propuestas a los OP/EP para el equipo de buceo estandarizado deben ser enviados como una propuesta de cambio formal al respectivo manual de Operación y Mantenimiento de acuerdo con las instrucciones contenidas en él.
- 4-2.6.2** **OP/EP No Estandarizados.** Los equipos de buceo y los equipos de soporte de buceo tales como barcos, botes pequeños, las instalaciones en tierra para buceo con suministro desde superficie y los sistemas de cámara de recompresión deben ser operados de acuerdo con un simple juego de OP/EP estándar que son desarrollados en el nivel de mando y aprobados para

su uso después de su validación por NAVSEA Código 00C3 ó NAVFAC Código 00CE. Los cambios y actualizaciones propuestas a los OP/EP para equipos de buceo no estandarizados deben ser enviados a la autoridad de aprobación aplicable. Las siguientes direcciones son proporcionadas para la asistencia en el envío de cambios y actualizaciones propuestas de OP/EP.

Envíe los cambios y actualizaciones propuestas de OP/EP para los sistemas de buceo y cámaras portátiles de recompresión, sistemas a flote y equipos certificados de clase a:

COMNAVSYSCOM (Código 00C3)
2531 Jefferson Davis Highway
Arlington, VA 22242-5160

Envíe los cambios y actualizaciones propuestas de OP/EP para las instalaciones fijas con base en tierra a:

NAVFAC (Código 00CE)
Washington Navy Yard
901 M Street SE, Bldg. 212
Washington, DC 20374-5054

- 4-2.6.3 Procesos de Aprobación de OP/EP.** El envío de OP/EP para su aprobación (si se requiere) debe preceder la fecha de la inspección solicitada en el sitio por 90 días de calendario para permitir la revisión y resolución total de las situaciones. Siga estos procedimientos cuando envíe OP/EP para su aprobación:

- El comando validará en la carta enviada que los OP/EP están completos y exactos.
- El comando debe verificar que los dibujos sean exactos. Los dibujos exactos son usados como una guía para la evaluación de los OP/EP. Los dibujos y diagramas de componentes del sistema, de consolas de gas, manifold y válvulas claramente etiquetadas y verificadas completamente serán enviados con los OP/EP.
- Los OP/EP aprobados tendrán la fecha de revisión listada en cada página y no tendrán ningún cambio sin la aprobación escrita NAVSEA/NAVFAC.
- El comando retendrá la documentación del sistema correspondiente a la aprobación DLSS, ej., PSOB, documentación de manufactura y soporte y OP/EP.

- 4-2.6.4 Formato.** El formato para OP/EP es como sigue:

- Sistema: (Número o descripción, consistente con los dibujos)
- Paso, Componente, Descripción, Procedimiento, Localización, Verificar, Nota (leído en 7 columnas)

- 4-2.6.5 Ejemplo.**

- Sistema: Aire de Alta Presión
- Paso/ Componente/ Descripción/ Procedimiento/ Localización/ Iniciales/ Nota
 1. ALP-15/ Reducción de Salida/ Abierta/ Salvamento/ Iniciales/ Nota
 2. ALP-GA-7/ Reducción de Salida/ Anotar Presión/ Salvamento/ Iniciales/ Nota 1

El operador que realiza el procedimiento deberá poner sus iniciales en la columna Verificar. Los riesgos y asuntos de interés particular deben ser identificados en la columna Nota.

Una vez que NAVSEA o NAVFAC ha aprobado los OP/EP del sistema, no deben ser cambiados sin la específica aprobación escrita de NAVSEA o NAVFAC.

4-3 ESTANDARES DE PUREZA DE LOS GASES DE RESPIRACIÓN DEL BUZO

- 4-3.1 Aire de Respiración del Buzo.** El aire comprimido de los buzos de fuentes ANU o sistemas de buceo certificado deben cumplir con los Estándares de Aire de Respiración para Buzos Militares contenidos en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1. Requerimientos de Pureza de Aire Comprimido de Respiración para Buzos Militares de E. U. para Fuentes Certificadas o Aprobadas ANU.

Componente	Especificación
Oxígeno (porcentaje por volumen)	20 – 22 %
Bióxido de Carbono (por volumen)	1,000 ppm (máx.)
Monóxido de Carbono (por volumen)	20 ppm (máx.)
Hidrocarburos Totales (como CH ₄ por volumen)	25 ppm (máx.)
Olor y Sabor	Sin objeción
Partículas o vapor de aceite	5 mg/m ³ (máx.)

Tabla 4-2. Requerimientos de Pureza del Aire Comprimido de Respiración para Buzos si proviene de una Fuente Comercial.

Componente	Especificaciones Fuente I Fuente II
Oxígeno (porcentaje por volumen)	20 – 22 %
Bióxido de Carbono (por volumen)	500 ppm (máx.)
Monóxido de Carbono (por volumen)	10 ppm (máx.)
Hidrocarburos Totales [como Metano (CH ₄) por volumen]	25 ppm (máx.)
Olor	Sin objeción
Partículas o vapor de aceite	0.005 mg/l (máx.)
Agua Separada	Nada
Total de Agua	0.02 mg/l (máx.)
Compuestos Halogenados (por volumen):	
Solventes	0.2 ppm (máx.)
Referencia: FED SPEC BB-A-1034 B	

El aire de respiración de los buzos puede ser obtenido de fuentes comerciales si una fuente del aire de los buzos militares no está disponible prontamente. El aire de los buzos que es obtenido de una fuente comercial estará certificado por escrito, por el proveedor, que cumple con los estándares de pureza de aire FED SPEC BB-A-1034 Grado A Fuente I (contenedor presurizado) o Fuente II (compresor). Las especificaciones para estos estándares están indicadas en la Tabla 4-2.

4-3.2 Oxígeno de Respiración del Buzo. El oxígeno usado para respiración en concentraciones del 100 % y para mezclas de gases de respiración por los buzos cumplirá con las Especificaciones Militares MIL-O-27210F, Oxígeno, Respiración para Aviadores, Líquido y Gaseoso. Los estándares de pureza están indicados en la Tabla 4-3.

4-3.3 Helio de Respiración del Buzo. El Helio usado como gas de respiración por los buzos cumplirá con las Especificaciones Militares MIL-P-27407B Helio como Agente Propulsor para Presurizar, Tipo I Gaseoso Grado B, Helio Respirable. Los estándares de pureza están indicados en la Tabla 4-4.

4-3.4 Nitrógeno de Respiración del Buzo. El Nitrógeno usado como gas de respiración por los buzos cumplirá con las Especificaciones Federales BB-N-411C Nitrógeno, Técnico. Los estándares de pureza están indicados en la Tabla 4-5.

4-4 PROGRAMA DE MUESTREO DEL AIRE DE LOS BUZOS

NAVSEA Código 00C controla el programa de muestreo del aire de respiración de los buzos de acuerdo con OPNAVINST serie 3150.27. El propósito del programa de muestreo de aire es:

- Proporcionar soporte técnico para la operación y mantenimiento de los compresores de aire para respiración de los buzos y sistemas de almacenamiento de aire para buceo.
- Proporcionar guías generales concernientes al uso de fuentes comerciales locales de muestreo de aire, incluyendo la evaluación del equipo y capacidad de muestreo comercial de aire.
- Realizar programas de manejo para servicios de muestreo de aire fundados centralmente como los dirigidos por CNO Código N873D.
- Colaborar con otras agencias gubernamentales e industria comercial en los procedimientos de muestreo y estándares de pureza de gases relacionados con los gases de respiración para los buzos.

4-4.1 Requerimientos de Mantenimiento. La toma periódica de muestras de aire es una acción de mantenimiento requerida y será realizada de acuerdo con los documentos PMS aplicables al compresor o sistema de producción de aire de respiración de los buzos. A cada fuente de aire de respiración para buceo en servicio se le debe hacer un muestreo aproximadamente cada 6 meses (dentro del intervalo entre 4 y 8 meses siguientes al último muestreo), cuando se sospeche de contaminación y después de una reparación mayor.

No use un compresor que se sospeche de producir aire contaminado, o que tenga un análisis de muestra de aire incorrecto hasta que la causa del problema haya sido corregida y se haya obtenido un análisis de muestra de aire satisfactoria, validando como aceptable la producción de aire.

Los sistemas de buceo que no tienen un compresor de aire de alta presión (HP) dentro del alcance de la certificación, solamente serán cargados con aire producido por compresores de aire de alta presión indicados en la lista ANU y deben tener actualizados todos los PMS,

incluyendo requerimientos de muestra de aire. Ejemplos de estos tipos de sistemas incluyen el MK 3 LWDS, Naves Roper y varios botes de buceo. Los bancos de alta presión en estos sistemas no necesitan ser analizados a menos que se sospeche de contaminación.

Al aire extraído de bancos submarinos de almacenamiento de aire de alta presión para utilizarse como aire de respiración para buzos se le debe hacer un muestreo de acuerdo con

Tabla 4-3. Requerimientos de Pureza del Oxígeno Comprimido de Respiración para Buzos.

Componente	Especificaciones
Nota General: El oxígeno gaseoso y líquido no contendrán menos del 99.5% por volumen. El resto, excepto la humedad y componentes menores especificados abajo, serán Argón y Nitrógeno.	
	Tipo I Gaseoso
Oxígeno (porcentaje por volumen)	99.5%
Bióxido de Carbono (por volumen)	10 ppm (máx.)
Metano (CH ₄ por volumen)	50 ppm (máx.)
Acetileno (C ₂ H ₂)	0.1 ppm (máx.)
Etileno (C ₂ H ₄)	0.4 ppm (máx.)
Etano (C ₂ H ₆ y otros hidrocarburos)	6.0 ppm (máx.)
Oxido Nitroso (N ₂ O por volumen)	4.0 ppm (máx.)
Compuestos Halogenados (por volumen):	
Refrigerantes	2.0 ppm (máx.)
Solventes	0.2 ppm (máx.)
Humedad (vapor de agua medido por ppm o medido por punto de condensación)	7 ppm (máx.) > -83°F
Olor	Libre de olores
Tipo II Líquido	
Oxígeno (porcentaje por volumen)	99.5%
Bióxido de Carbono (por volumen)	5 ppm (máx.)
Metano (CH ₄ por volumen)	25 ppm (máx.)
Acetileno (C ₂ H ₂)	0.05 ppm (máx.)
Etileno (C ₂ H ₄)	0.2 ppm (máx.)
Etano (C ₂ H ₆ y otros hidrocarburos)	3.0 ppm (máx.)
Oxido Nitroso (N ₂ O por volumen)	2.0 ppm (máx.)
Compuestos Halogenados (por volumen):	
Refrigerantes	1.0 ppm (máx.)
Solventes	0.10 ppm (máx.)
Humedad (vapor de agua medido por ppm o medido por punto de condensación)	7 ppm (máx.) > -83°F
Olor	Libre de olores
Referencia: Especificación Militar MIL-O-27210F	

los requerimientos de mantenimiento PMS aplicable al sistema, ej., sistemas de refugio con cubierta seca, troncos o accesos de escape en submarinos o estaciones de carga de cilindros scuba. Vea el Párrafo 4-4.2 para tener información adicional de como preparar el sistema para muestreo con compresores donde no se puede hacer una conexión de muestreo inmediatamente después del último dispositivo de filtración de aire.

La Tabla 4-1 muestra los requerimientos de pureza mínimos del aire para buceo producido por compresores de aire certificados y aprobados ANU. Los servicios de muestreo de aire pueden ser obtenidos localmente de instalaciones de análisis gubernamentales y comerciales, o pueden ser adquiridos por la utilización de servicios de análisis coordinados a través de la Estación de Sistemas Costeros (CSS), Panamá City, Florida.

NOTA **Los reportes de análisis de muestras de aire más recientes deben ser mantenidos en archivos para cada compresor de aire (por el número de serie del compresor) usado para producir aire de respiración para buzos.**

Tabla 4-4. Requerimientos de Pureza del Helio Comprimido de Respiración para Buzos.

Componente	Especificación
Helio (porcentaje por volumen)	99.997 %
Humedad (vapor de agua)	7 ppm (máx.)
Punto de Condensación (no mayor que)	-78 °F
Hidrocarburos (como Metano)	1 ppm (máx.)
Oxígeno	3 ppm (máx.)
Nitrógeno + Argón	5 ppm (máx.)
Neón	23 ppm (máx.)
Hidrógeno	1 ppm (máx.)
Referencia: Especificación Militar MIL-PRF-27407B	

4-4.2 Procedimiento General de Muestreo de Aire. La siguiente información general es proporcionada para asistir al comando en el manejo de programas de análisis de muestras de aire.

Asegure que todos los PMS aplicables hayan sido terminados en el compresor y en los sistemas de filtración antes de tomar una muestra de aire.

Tabla 4-5. Requerimientos de Pureza del Nitrógeno Comprimido de Respiración para Buzos.

Componente	Especificación/Grado		
	A	B	C
Nitrógeno	99.5%	99.5%	99.5%
Oxígeno	0.05%	0.50%	0.50%
Humedad (Vapor de Agua)	0.02 mg/l	0.02 mg/l	*
Hidrocarburos Totales	50 ppm	50 ppm	50 ppm
Olor	Ninguno	Ninguno	Ninguno
* No es una característica límitrofe			
Nota: El Nitrógeno tipo I no debe contener partículas sólidas las cuales sean mayores que 50 micras. Será utilizado un filtro de 10 micras nominales o menos en o cerca del manifold de carga del cilindro.			
Referencia: Especificaciones Federales BB-N-411C			

- Cuando se tomen muestras de sistemas cargados con alta presión, se deben tomar muestras separadas de cada compresor que suministra al sistema. Las muestras de los compresores deben ser tomadas tan cerca como sea posible de ellos, pero en la salida del último dispositivo de tratamiento de aire montado en el compresor (separador de humedad, filtro, etc.). Algunos sistemas no tienen conexiones que permitan tomar muestras de otro lugar que no sea la conexión de carga. En este caso, el cilindro de almacenamiento debe ser aislado del sistema, el sistema purgado del compresor del cual se vaya a tomar muestra y la muestra tomada de la conexión de carga.
- Cuando se tomen muestras de un sistema de aire de respiración a baja presión (LP), se deberán tomar muestras separadas de cada compresor de baja presión conectado al sistema. Las muestras deberán ser tomadas tan cerca como sea posible de cada compresor de baja, pero en la salida del último dispositivo de tratamiento de aire montado en el compresor (separador de humedad, filtro, etc.). Algunos sistemas no tienen conexiones que permitan tomar muestras de otro lugar que no sea el manifold del buzo. En este caso, se debe aislar una fuente de alta presión del sistema de baja presión, el sistema purgado con aire del compresor del cual se vaya a tomar muestra y la muestra tomada del manifold del buzo.

NOTA **El hecho de no purgar el aire producido del sistema en línea de otros compresores o cilindros de almacenamiento dará como resultado una muestra de aire inválida para el compresor que esté siendo inspeccionado.**

- Asegure que el compresor que esté siendo inspeccionado haya alcanzado el estado completo de operación (temperatura de operación, presión de aceite y presión de aire apropiada) y esté apropiadamente en línea para entregar aire al equipo de muestreo.
- Asegure que la entrada de aire del compresor esté libre de cualquier fuente potencial de contaminación (incluyendo consideraciones de niveles de humo ambiental en áreas donde el humo es un problema).
- Siga los procedimientos de los documentos MRC aplicables para muestreos de aire.
- Siga las instrucciones para la operación del equipo de muestreo de aire.

4-4.3 Servicios de Muestreo de Aire CSS. Lo siguiente aplica a los servicios de muestreo coordinado consolidados centralmente por CSS. Debido a los fondos limitados, se le pide a los comandos programar todos los compresores y muestras asociadas para que sean tomadas al mismo tiempo. CSS coordina los servicios de muestreo de aire con un contratista comercial. Los comandos no están autorizados para comunicarse directamente con el contratista comercial. Los servicios de muestreo son proporcionados sin costo para el comando. Para solicitar un servicio de muestreo de aire, llene y envíe por fax el servicio requerido de muestreo de aire a COASTSYSTA (con Atención a: Muestras de Aire). Los números de teléfonos se encuentran listados en el Apéndice 1C.

- El usuario debe proporcionar la fecha de expiración de la muestra, el número y tipo (HP o LP) de las muestras requeridas, una dirección completa de correo, un punto de contacto y número telefónico. Los equipos de muestreo de aire no serán enviados hasta que sea recibida la información necesaria.
- Permita un mínimo de 5 días hábiles después de haber enviado el formato de requisición propiamente llenado para la entrega de un equipo de muestreo dentro de los Estados Unidos (CONUS - Continental United States). Los equipos serán enviados a través de líneas aéreas comerciales con una orden de envío de regreso prepagada. No se puede tomar acción sobre las requisiciones incompletas de muestras y esto dará como resultado la demora del envío de los equipos de muestra.

- Permite un mínimo de 3 semanas después de haber enviado el formato de requisición propiamente llenado para la entrega de un equipo de muestreo en otros países. Los equipos serán enviados a través de correo certificado para direcciones en otros países/FPO-APO con una orden de envío de regreso prepagada. No se puede tomar acción sobre las requisiciones incompletas de muestras y esto dará como resultado la demora del envío de los equipos de muestra.
- Con cada equipo de muestreo se incluyen las instrucciones detalladas. Es imperativo seguir esas instrucciones y las instrucciones de los documentos MCR aplicables para muestreos de aire del compresor.
- Las muestras de aire serán tomadas y regresadas a COASTSYSTA dentro de los primeros 5 días hábiles de la recepción del equipo de muestreo de aire para evitar incurrir en pagos posteriores.
- Los reportes del análisis de las muestras de aire para muestras que cumplen con los estándares de pureza del aire serán enviados al comando. Los comandos serán notificados por el medio más rápido posible de cualquier muestra que no cumpla los requerimientos mínimos de pureza.
- El usuario será contactado inmediatamente por teléfono y/o mensaje por COASTSYSTA si las muestras no cumplen con los estándares de pureza establecidos. El usuario descontinuará el uso de la fuente de aire hasta que la causa de contaminación sea corregida. Se deben de tomar acciones correctivas antes de hacer las pruebas de laboratorio nuevamente.

4-4.4

Servicios Locales de Muestreo de Aire. Los comandos pueden utilizar laboratorios locales del gobierno (ej., astilleros, instalaciones para reparación de barcos, laboratorios de investigación del gobierno) o laboratorios comerciales para analizar las muestras de aire de los buzos. Los comandos pagarán los costos de los servicios de muestreo de aire conseguidos localmente. Las instalaciones locales de muestreo deben poder hacer los análisis de acuerdo con los estándares de pureza de aire de la Marina de E. U.

4-5 COMPRESORES DE AIRE

4-5.1

Requerimientos de Equipo. Los compresores utilizados para suministrar aire para buceo o trasvasar oxígeno o mezclas de gases estarán incluidos en la lista ANU NAVSEA/00C o ser un elemento de un sistema de buceo certificado.

4-5.2

Sistema de Filtración de Aire. Los compresores para buceo militar estarán equipados con un sistema de filtración que esté en la lista ANU NAVSEA/00C o ser un elemento de un sistema de buceo certificado. El término sistema de filtración de aire como es utilizado aquí es incluyente, refiriéndose colectivamente al sistema de filtración de gases comprimidos, separadores de humedad, purificación de aire, enfriamiento de aire y equipo de deshidratación.

4-5.3

Lubricación. Los compresores utilizados para producir aire de respiración para buzos militares son normalmente del tipo reciprocante de dos a cinco pasos, lubricados por aceite. Aceite para lubricación:

- Previene el desgaste por fricción entre superficies .
- Sella holguras pequeñas.
- Protege contra la corrosión.

- Elimina el calor de superficies que producen calor.
- Mueve diminutas partículas generadas por el desgaste normal del sistema hacia el cárter o hacia el filtro de aceite si se tiene equipado.

Un compresor lubricado por aceite que esté fallando posee un riesgo de contaminación para el suministro de aire del buzo. La contaminación puede ocurrir por el exceso de vapor de aceite que salga del compresor debido a las holguras excesivas, partes rotas o sobrellenado del cárter de aceite.

Los gases de hidrocarburos y monóxido de carbono también pueden ser producidos si un compresor se sobrecalienta al punto que cause la combustión del aceite lubricante y/o empaques y otros artículos suaves encontrados en el compresor. El sobrecalentamiento del compresor puede ser causado por un número de eventos incluyendo, sin estar limitado a: pérdida del flujo de aire o agua de enfriamiento, bajo nivel de aceite, mal funcionamiento de válvulas de alivio o de descarga, fricción de partes rotas o excesivamente gastadas y/o por la operación del compresor a más RPM que las establecidas por su capacidad.

Los sistemas de filtración de aire de los buzos son diseñados para trabajar con compresores operando bajo condiciones normales y no se puede confiar que filtren o purifiquen el aire de un compresor que funcione de manera defectuosa.

ADVERTENCIA

No utilice un compresor en mal estado para producir aire de respiración para los buzos o para cargar los cilindros de almacenamiento de aire, ya que puede resultar en contaminación del suministro de aire para los buzos.

Los lubricantes usados en los compresores de aire se ajustarán a las especificaciones MIL-L-17331 (2190TEP) para operaciones normales, o a las especificaciones MIL-H-17672 (2135TH) para operaciones en ambientes fríos. Donde el fabricante del compresor recomienda específicamente el uso de un lubricante sintético en sus compresores para la producción de aire de respiración, ese aceite sintético recomendado por el fabricante puede ser usado en lugar del aceite especificado por MIL-L-17331 ó MIL-H-17672 (2135TH). El aceite será cambiado en los compresores en estricto apego a los requerimientos PMS aplicables a ese compresor.

4-6 INDICADORES DE BUCEO

- ### **4-6.1 Selección de Indicadores para el Sistema de Buceo.**
- Seleccione un indicador en el cual la lectura de su escala completa se aproxime del 130 al 160% de la máxima presión de operación del sistema. Siguiendo este principio, un manómetro con una lectura de escala completa de 4000 a 5000 psi sería satisfactorio para la instalación en un sistema con una presión máxima de operación de 3000 psi.

La selección de la precisión y exactitud del indicador debe estar basada en el tipo de sistema y en como será utilizado el indicador. Por ejemplo, no se requiere de un alto nivel de precisión en manómetros de los bancos de aire donde solamente son necesarios valores relativos para determinar cuánto aire queda en el banco o cuando cerrar la carga del compresor. Sin embargo, se requiere de considerable exactitud ($\frac{1}{4}$ de 1% de la escala completa para operaciones de buceo de saturación y 1% de la escala completa para operaciones suministradas desde superficie) para indicadores que lean la profundidad del buzo (neumofátometros e indicadores de profundidad de las cámaras). La exactitud de los profundímetros es crítica para seleccionar la tabla de descompresión o de tratamiento apropiada.

Muchos indicadores son proporcionados con un tapón de explosión del bastidor o caja en la superficie trasera. El tapón de explosión protege al operador en el caso que falle el tubo

Bourdón cuando la sobre presurización del bastidor pudiera, de otra manera, resultar en la explosión del lente del indicador. El tapón no debe ser obstruido por soportes u otros equipos.

Todos los indicadores del sistema de buceo deben ser proporcionados con válvulas de aislamiento y conexiones para calibración. Si un indicador falla durante al operación, la válvula de aislamiento se cierra para prevenir la pérdida de presión del sistema.

4-6.2

Mantenimiento y Calibración de los Indicadores. Todos los indicadores instalados y portátiles (manómetros de tanques, manómetros sumergibles de tanques e indicadores en pequeños juegos de prueba portátiles) en uso deben ser calibrados y comparados de acuerdo con el programa del Sistema de Mantenimiento Planeado a menos que una falla requiera una pronta reparación y calibración. Programas tales como el Programa de Calibración de Indicadores a Bordo como se indica en las instrucciones NAVSEA serie 4734.1 proporcionan autoridad al comando para calibrar sus propios indicadores. Los indicadores calibrados que no estén en uso deben ser mantenidos en un ambiente limpio, seco y libre de vibraciones. La Lista de Requerimientos Meteorológicos NAVSEA OD-45845 debe consultarse para determinar el tiempo de almacenaje no considerado como parte del intervalo de calibración.

Los datos de calibración y comparación deben incluir la fecha de la última verificación satisfactoria, la fecha en que la próxima calibración debe llevarse a cabo y la actividad realizando la calibración. Las etiquetas pegadas al lente del instrumento son satisfactorias para registrar estos datos.

Cuando se están limpiando los sistemas de oxígeno, las líneas de los indicadores deben retirarse y limpiarse de manera separada, después de limpiar primero el sistema con ellas acopladas. Esto asegurará que las líneas de los indicadores se limpian a fondo. Todos los indicadores deben quitarse del sistema antes del proceso de limpieza para evitar que haya extremos cerrados en el sistema y se dañen por la solución de limpieza.

Los indicadores son instrumentos delicados y pueden dañarse por la vibración, sacudidas o golpes. Deben montarse en lugares que minimicen estos factores y siempre colocados en tableros de indicadores, paneles o soportes. Las conexiones de las tuberías no deben ser el único soporte para los indicadores. Un indicador puede dañarse severamente por pulsaciones rápidas del sistema cuando se esté midiendo la presión del fluido. Cuando esta condición existe, debe ser instalado un amortiguador entre la válvula de aislamiento y el indicador para proteger el instrumento. La mayoría de los indicadores no son resistentes al agua y no están diseñados para utilizarse en un ambiente marino. Las cubiertas de plástico acrílico transparente, tales como la "Lucita", pueden usarse para proteger los indicadores del rocío de agua y sal. No obstante, las cubiertas deben tener aberturas de ventilación para permitir que la presión atmosférica actúe en el elemento sensor del indicador.

4-6.3

Indicadores con Tubo Bourdón Helicoidal. Los fabricantes hacen dos tipos básicos de indicadores con tubo Bourdón helicoidal para su uso en cámaras de recompresión y para sistemas de buceo suministrados desde superficie. Un tipo es un indicador caisson con dos puertos o conexiones en la parte posterior. El puerto de referencia, el cual está taponado, está sellado con la presión del aire ambiental o está conectado al exterior de la cámara de presión. El puerto sensor se deja abierto a la presión interior. El otro tipo es un indicador exterior estándar.

Ambos son instrumentos de movimiento directo empleando un tubo Bourdón helicoidal como elemento sensor. Los indicadores tienen una exactitud de $\frac{1}{4}$ de 1% de la escala completa de presión en todos los puntos de la carátula o dial. Sin engranes o articulaciones, el movimiento no es afectado por el desgaste, y la exactitud y la calibración inicial se mantienen permanentes.

Puede realizarse una verificación comparativa en vez de una recalibración de acuerdo con el Sistema de Mantenimiento Planeado. Un tornillo de ajuste del dial localizado al frente del indicador proporciona ajuste a cero y ajuste especial de presión. Las unidades de medida de la lectura en la carátula pueden ser en libras por pulgada cuadrada (psi) y/o pies de agua de mar (fsw).

4-7 MANEJO Y ALMACENAJE DE GAS COMPRIMIDO

El manejo y almacenaje de gas comprimido es parte inherente de virtualmente todas las actividades de buceo, ya sea realizado con scuba o con equipo de buceo suministrado desde superficie. Es imperativo que los buzos estén familiarizados con los aspectos de seguridad del manejo de gases comprimidos. El gas comprimido para los buzos será almacenado en cilindros militares estándar (MIL-STD) o cilindros aprobados DOT o ASME aplicables al tipo y niveles de presión de los gases comprimidos que estén siendo almacenados.

El gas comprimido será transportado en cilindros que cumplan con las regulaciones del Departamento de Transporte (DOT) aplicables al gas comprimido que esté siendo manejado. Los cilindros aprobados DOT tienen un número de serie, una marca de inspección DOT, un rango de presión, la fecha de la última prueba hidrostática, están equipados con válvula aplicable al cilindro y codificados con color apropiadamente.

Refiérase a la siguiente bibliografía para información más detallada en el manejo y almacenaje de gases comprimidos:

- *Producción, Manejo y Almacenaje de Gases Industriales*, Manual Técnico NAVSEA S9086-SX-STM-000/CH-550
- *Conexiones de Entrada y Salida de Válvulas de Cilindros para Gases Comprimidos Estándares Americanos y Canadienses* (ANI-B57.1 y CSA-B96).
- *Método Estándar Nacional Americano de Marcación de Cilindros Portátiles de Gases Comprimidos para Identificar el Material Contenido* (Z48.1)
- *Guía para la Preparación de Etiquetado de Precaución y Marcación de Cilindros de Gases Comprimidos* (CGA Folleto C-7).

CAPITULO 5

Administración del Programa de Buceo

5-1 INTRODUCCION

5-1.1 **Objetivo.** El objetivo de este capítulo es de promulgar la política general para mantener y retener las bitácoras de buceo de comando, las bitácoras de buceo personales, los registros de buceo personales, los reportes de accidentes y los reportes de análisis de fallas.

5-1.2 **Alcance.** El mantenimiento de registro e instrucciones de reporte señaladas en este capítulo atañen a las bitácoras de buceo de comando, las bitácoras de buceo individuales, los registros de buceo personales, los reportes de accidentes y los reportes de análisis de fallas.

5-2 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO DE REGISTROS Y SISTEMA DE REPORTES.

Hay cinco objetivos en el mantenimiento de registros de buceo y sistema de reportes.

1. Establecer un registro operacional comprensivo para cada comando de buceo. La Bitácora de Buceo de Comando es un registro operacional estandarizado preparado de acuerdo con la práctica militar establecida. Este registro establece la historia del buceo para cada comando de buceo y constituye el requerimiento de registro operacional básico bajo circunstancias normales, sin novedades.
2. Reunir datos para la seguridad y análisis de tendencia. La información acerca de las operaciones de buceo comunes realizadas en la Marina, la incidencia de Tratamientos Hiperbáricos y los accidentes de buceo es proporcionada al Centro de Seguridad Naval a través del Sistema de Reportes de Buceo y por comunicación como es requerido en OPNAVINST 5100.19C Sección A-6. Esta información hace posible al Centro de Seguridad identificar los problemas relacionados a la seguridad asociados con procedimientos de operación y entrenamiento.
3. Proporcionar datos para un registro personal. OPNAVINST (serie) 3150.27 requiere que cada buzo mantenga una historia/bitácora de buceo personal.
4. Reportar la información acerca de los incidentes y accidentes de buceo de acuerdo con los requerimientos de OPNAVINST 5100.19C Sección A-6. La información completa y precisa permite al comando tomar acciones apropiadas y prevenir recurrencias.
5. Reportar la información acerca de las deficiencias de equipo a las agencias técnicas responsables por medio del sistema de Reporte y Análisis de Fallas (FAR).

5-3 DOCUMENTOS DE REGISTRO Y REPORTES

Los documentos establecidos para cumplir los objetivos del sistema de registros y reportes son:

- Bitácora de Buceo de Comando (Figura 5-1a y Figura 5-1b)
- Sistema de Reportes de Buceo (DRS)
- Registro de Buceo Personal del Buzo (disquete o copia en papel)

- Accidente de Buceo/Tratamiento Hiperbárico/Reporte de Muerte, Símbolo OPNAV 5102/5
- Accidente de Buceo reportado de acuerdo con OPNAVINST Serie 5100.19 Apéndice A-6
- Accidente de Equipo/Hoja de Información de Incidente (Figura 5-2a y Figura 5-2b)
- Reporte de Análisis de Falla de Equipo de Buceo de Soporte de Vida (FAR) para AGA MK 20, sistema de buceo con suministro desde superficie MK 21 y scuba de circuito abierto (Forma NAVSEA 10560/4) (Figura 5-3)
- Reporte de Análisis de Falla para UBA MK 16 (Forma NAVSEA 10560/1) (Figura 5-4)
o Análisis de Falla o Reporte de Inadecuado para MK 25 (LAR V)

5-4 BITACORA DE BUCEO DE COMANDO

La Bitácora de Buceo de Comando es un registro cronológico de todos los buceos realizados en la instalación o comando. Contiene información sobre los buceos por personal asignado para los reportes del comando y de buceos por personal temporalmente asignado al comando, tales como el personal en TAD/TDY.

Los buceos realizados mientras se está temporalmente asignado a otro comando de buceo, deben ser registrados en la Bitácora de Buceo del comando huésped. Además, se registra el buceo en el Sistema de Reportes de Buceo (DRS) del comando huésped.

La OPNAVINST serie 3150.27 requiere que los comandos retengan la bitácora de buceo oficial por 3 años. Los datos mínimos en la Bitácora de Buceo del Comando incluyen:

- Fecha del buceo
- Propósito del buceo
- Identificación de los buzos y buzos en standby
- Tiempo en que se deja y alcanza la superficie, tiempo de fondo
- Profundidad
- Tiempo de descompresión
- Temperatura del aire y agua
- Firmas del Supervisor de Buceo y Oficial de Buceo

5-5 BITÁCORA DE CAMARA DE RECOMPRESION

La Bitácora de Cámara de Recompresión es el registro cronológico oficial de procedimientos y eventos para un buceo completo. Es obligatorio que todo activo de buceo de la Marina de E.U. mantenga una Bitácora de Cámara de Recompresión. El Oficial de Buceo, el Jefe de Buceo y el Supervisor de Buceo deben revisar y firmar la bitácora diariamente o al final de sus turnos. La Bitácora de Cámara de Recompresión debe ser retenida por 3 años después de la fecha del buceo. Los datos mínimos en la Bitácora de Cámara de Recompresión incluyen:

BITACORA DE BUCEO DE COMANDO DE LA MARINA DE E. U.



Fecha de Inicio _____

Fecha de Terminación _____

Esta bitácora debe mantenerse de acuerdo con el *Manual de Buceo de la Marina de E. U.*, Volumen 1, (NAVSEA).

Figura 5-1a. Bitácora de Buceo de la Marina de E. U. (hoja 1 de 2).

BITACORA DE BUCEO DE COMANDO											
Fecha		Localización Geográfica				Temp. del Aire (°F)					
Equipo Usado			Traje				Olas (ft)				
Media Respirable			Plataforma				Temp. del Agua (°F)				
Fuente del Medio Respirable						Corriente (nudos)					
Prof. de Buceo (fsw)			Tipo de Fondo			Visibilidad Fondo (ft)					
Buzo	DS	LLF	DF	LLS	TTF	TTD	TTB	Cédula			
Objetivo del Buceo, Herramientas Usadas, etc.						Grupo Repetitivo					
						Intervalo en Superficie					
						Nuevo Grupo Repetitivo					
						Tiempo de Nitrógeno Residual					
Comentarios del Buceo											
Firma (Supervisor de Buceo)											
Firma (Oficial de Buceo/Jefe de Buceo)											

Figura 5-1b. Bitácora de Buceo de la Marina de E.U. (hoja 2 de 2).

HOJA DE INFORMACION DE ACCIDENTE/INCIDENTE DE EQUIPO

General

Punto de contacto de la Unidad _____ Posición _____
UIC Comando _____ Fecha _____ Hora suceso _____

Equipo (Indique tipo de todo el equipo usado) Factor Contribuyente _____

UBA: SCUBA _____ MK21 _____ MK20 _____
MK16 _____ LAR V _____
Otro (especificar) _____

Tipo de traje: Seco _____ Húmedo _____ Agua caliente _____
Guantes _____ Botas _____ Aletas _____
Visor _____ Snorkel _____ Navaja _____
Cinturón de plomo (indique peso) _____
Profundímetro _____ Fecha última calibración _____

Chaleco compensador/salvavidas:
Inflado en la escena: _____ Parcialmente _____ Operacional _____
Modo de inflado: Oral _____ CO₂ _____ Suministro independiente _____

Cilindros: No. Usado _____ Tamaño (p³) _____ Tipo válvula _____
Mezcla de gas _____ Aluminio _____ Acero _____
Presión en superficie: Antes _____ Despues _____

Regulador: _____ Fecha último PMS _____ ¿Funcional en escena? _____

Manómetro de presión sumergible: _____ ¿Funcional en escena? _____

CONDICIONES Localización _____

Prof. _____ fsw Visibilidad _____ ft Corriente _____ Nudos Edo. del mar _____ (0-9)
Temp. Aire _____ °F Temp. Agua: en superficie _____ °F a Profundidad _____ °F
Tipo de Fondo (lodo, arena, coral, etc.) _____

TIEMPO DE BUCEO

Fondo _____ Descompresión _____ Tiempo total de buceo _____

¿Fue la operación del equipo y el procedimiento de mantenimiento un factor contribuyente?
(Explique): _____

¿Hay error colaborador en el Manual O&M o en el Sistema 3M?
(Explique): _____

OTROS FACTORES CONTRIBUYENTES _____

Figura 5-2a. Hoja de Información de Accidente/Incidente de Equipo.

HOJA DE INFORMACION DE ACCIDENTE/INCIDENTE DE EQUIPO

Respecto al UBA involucrado, llene los espacios en blanco con los datos requeridos por los No. 1 al 9

MK 21 ↓	MK 20 MOD 0 ↓	SCUBA ↓	MK 16 ↓	MK 25 ↓	OTROS ↓
------------	---------------------	------------	------------	------------	------------

1. Número de vueltas para asegurar en superficie el suministro de gas al umbilical:

		N/A	N/A	N/A	
--	--	-----	-----	-----	--

2. Número de vueltas para asegurar la válvula abierta del suministro de gas de emergencia (EGS):

		Reserva Arriba/Abajo	N/A	N/A	
--	--	-------------------------	-----	-----	--

3. Número de vueltas para asegurar el suministro de gas a la máscara/casco:

		N/A	Válvula de boquilla: Superficie _____ Buceo	Válvula de boquilla: Superficie _____ Buceo	
--	--	-----	---	---	--

4. Número de vueltas para asegurar el gas del cilindro:

N/A	N/A	Cilindro de Aire _____	O ₂ Diluyente _____	Cilindro de O ₂ _____	
-----	-----	------------------------------	--------------------------------------	--	--

5. Presión del Cilindro:

EGS _____psig	EGS _____psig	_____psig	O ₂ Diluyente _____psig	_____psig	
------------------	------------------	-----------	--	-----------	--

6. Mezcla de gases:

Primario % EGS % _____		N/A	Diluyente N ₂ O ₂ HeO ₂ _____	N/A	
------------------------------------	--	-----	---	-----	--

7. Datos/color de la pantalla electrónica:

N/A	N/A	N/A	Primario Secundario _____ _____	N/A	
-----	-----	-----	--	-----	--

8. Nivel de voltaje de la batería:

N/A	N/A	N/A	Primario Secundario _____	N/A	
-----	-----	-----	---------------------------------	-----	--

9. Condiciones de la canastilla:

N/A	N/A	N/A			
-----	-----	-----	--	--	--

Nota: Si el UBA involucrado no esta listado arriba, proporcione información en una hoja separada.

Figura 5-2b. Hoja de Información de Accidente/Incidente de Equipo.

COMANDO DE SISTEMAS NAVALES MARINOS
REPORTE DE ANALISIS DE FALLA DE EQUIPO DE SOPORTE DE VIDA DE BUCEO (FAR)

NAVSEA 10560/4 (1089) (Frente)

S/N 0116-LF-105-6020

Figura 5-3. Reporte de Análisis de Falla (Forma NAVSEA 10560/4).

REPORTE DE ANÁLISIS DE FALLAS

(Ver SS600-AH-MMA-010 PARA Información concerniente al Uso de Esta Forma)

Disposición: Mantener el Original de Esta Forma de Manera Auditável Con el UBA por el Periodo Completo Entre la Supervisión de Certificación NAVSEA. Reexpedir Copias 1-3 (Mismo Correo) a las Direcciones Mustradas en la Esquina Inferior Derecha y Atrás de las Formas.

1. Nombre del que Reporta la Actividad		Código de la Unidad	2. Categoría del Reporte (Marque el Bloque)		3. No. de Serie del Reporte	
			<input type="checkbox"/> Seguridad	<input type="checkbox"/> Rutina	4. Fecha del Descubrimiento	
5. Categoría de la Deficiencia (Marque uno)		6. No. de Serie del UBA	7. Punto de Contacto para la Actividad		No. de Autovon	No. Comercial ()
<input type="checkbox"/> Equipo <input type="checkbox"/> Publicación						
8. Razón del Reporte (Marque el Bloque Aplicable)						
<input type="checkbox"/> Falla/sospecha de Falla <input type="checkbox"/> Daño Debido a Inapropiado Mantenimiento/Operación/Prueba <input type="checkbox"/> lo Mal Funcionamiento <input type="checkbox"/> Durante las Operaciones						
<input type="checkbox"/> Cuando se Descubrió (Marque el Bloque Aplicable) <input type="checkbox"/> Previo al Buceo <input type="checkbox"/> Posterior al Buceo <input type="checkbox"/> PMS						
<input type="checkbox"/> Durante las Operaciones						
<input type="checkbox"/> Durante las Operaciones						
9. Sistema, Subsistema o Componente(s) Afectado						
10. Descripción de la Falla/Problema/Discrepancia						
11. Reingrese No. de Control de Forma (Adjunte Copia)						
12. Causa de la Falla/Problema/Discrepancia, Si se Sabe						
13. Acción Correctiva Tomada						
14. Comentarios o Recomendaciones para Prevención o Eliminación de Problemas						
15. Firma de Quien Prepara Rango/ Calificación Fecha de Firma 17. Firma Oficial que Aprueba						
16. Firma de Quien Prepara		Rango/ Calificación	Fecha de Firma	17. Firma Oficial que Aprueba	Rango/ Calificación	Fecha de Aprobación

NAVSEA 10560/1 (12-84)

Figura 5-4. Reporte de Análisis de Falla. (Forma NAVSEA 10560/1).

- Fecha del buceo
- Propósito del buceo
- Identificación de buzo(s)/paciente(s)
- Identificación de tender(s)
- Hora en que deja la superficie
- Hora en que alcanza la profundidad de tratamiento
- Hora en que deja la profundidad de tratamiento
- Hora en que alcanza la parada
- Hora en que deja la parada
- Profundidad/hora de alivio
- Cambio en los síntomas
- Temperatura del aire de la cámara de recompresión (si es posible)
- % de Oxígeno y Bióxido de Carbono (si está disponible)
- Medicinas dadas
- Fluidos administrados
- Líquidos evacuados
- Firmas del Oficial de Buceo, Jefe de Buceo o Supervisor de Buceo

5-6 BITACORA DE BUCEO PERSONAL DEL BUZO

Aunque no se requiere un gran y específico Libro Bitácora Personal de los Buzos de la Marina, no obstante, cada buzo entrenado en la Marina requiere mantener un registro de sus buceos de acuerdo con la OPNAVINST serie 3150.27. La mejor manera para que cada buzo realice esto es manteniendo una copia de cada Forma de Bitácora de Buceo en una carpeta. La Forma de Bitácora de Buceo fue formalmente llamada Forma DD 2544, 3150 0 9940, pero es ahora generada por el software Sistema de Reporte de Buceo (DRS). El registro puede también mantenerse en un disco flexible personal. Estas formas, cuando son firmadas por el Supervisor de Buceo y el Oficial de Buceo, son un registro aceptable de los buceos que pueden ser requeridos para justificar pagos especiales hechos a uno como buzo, y pueden ayudar a comprobar demandas hechas por enfermedad o lesión relacionadas al buceo. Si un individuo desea una copia en papel de los buceos, el comando del buzo puede generar un reporte usando el DRS o presentando una requisición escrita al Centro de Seguridad Naval.

5-7 REPORTE DE ACCIDENTE/INCIDENTE DE BUCEO

Las instrucciones específicas para accidentes de buceo, incidentes y tratamientos hiperbáricos son proporcionados en la Sección A-6, OPNAVINST Serie 5100.19. El Manual del Auditor General de Consejo Militar (JAG) proporciona las instrucciones para los procedimientos de investigación y reporte requeridos en circunstancias donde el accidente pudo haber ocurrido como resultado de error personal o de procedimiento. Las instrucciones para reportar el estado del equipo de buceo relacionado con accidentes/incidentes de buceo están especificadas en este capítulo.

5-8 REPORTE DE FALLA O DEFICIENCIA DE EQUIPO

El sistema de Reporte de Análisis de Falla (FAR) proporciona los medios para reportar, rastrear y resolver fallas materiales o deficiencias en el equipo de soporte de vida de buceo (DLSE). El FAR fue desarrollado para proporcionar una rápida respuesta a las fallas o deficiencias de DLSE. Este es mandado directamente al director de configuración, ingenieros y técnicos que están calificados para resolver la deficiencia. La Forma FAR 10560/4 (número de stock 0116-LF-105-6020) cubre todos los DLSE no dirigidos ya por otros FARs o sistemas de reportes. Por ejemplo, el MK 21 MOD 1, la máscara MK 20 MOD 0 y todos los scuba de circuito abierto son reportables en esta forma FAR; los UBAs MK 16 y MK 25 son reportables en un FAR o en un Reporte de Análisis de Falla o Inadecuado (FAIR) de acuerdo con sus respectivos manuales técnicos. Cuando se descubre que un equipo falla o es deficiente, el Supervisor de Buceo u otra persona responsable debe asegurar que el FAR es

apropiadamente preparado y distribuido. Refiérase al párrafo 5-10 para requerimientos de reporte adicionales por una falla de equipo sospechosa de ser la causa de un accidente de buceo.

La página uno de la forma FAR (Figura 5-3) consiste de un original y tres copias. El original completado es mantenido en la Bitácora FAR del Comando; las copias son enviadas a CSS (Código 2510), NAVSEA (Código 00C3) y NEDU (Código 03).

5-9 SISTEMA DE REPORTE DE BUCEO DE LA MARINA DE E.U. (DRS)

El Sistema de Reporte de Buceo (DRS) es un método de registro y reporte de buceo basado en computación requerido por el OPNAVINST serie 3150.27, y reemplaza los reportes sobre la Forma DD 2544. El software proporciona a todos los comandos de buceo un registro computarizado de los buceos.

El DRS hace fácil para los comandos informar los datos de buceo al Centro de Seguridad Naval. El software permite a los usuarios entrar a los datos de buceo, transferir datos al Centro de Seguridad Naval y generar reportes individuales para el buzo y el comando. El DRS fue diseñado para todas las ramas de los Servicios Armados de E.U. y puede ser obtenido por medio de:

Comandante, Centro de Seguridad Naval
Atención: Código 37
375 A Street
Norfolk, VA 23511-4399

5-10 REQUERIMIENTOS DE INVESTIGACION DE ACCIDENTE/INCIDENTE DE EQUIPO

Un *accidente* es un evento inesperado que culmina en la pérdida o daño serio al equipo o lesión para el personal. Un *incidente* es un evento inesperado que degrada la seguridad e incrementa la probabilidad de un accidente.

El número de accidentes/incidentes de buceo que involucran a los buzos de la Marina de E.U. son pocos comparados al número total de buceos realizados cada año. El accidente que ocurre, sin embargo, debe recibir una revisión total para identificar la causa y determinar las medidas correctivas para prevenir accidentes de buceo posteriores.

Esta sección se extiende sobre el OPNAVINST serie 5100.19 que requiere el reporte e investigación expeditos de los accidentes relacionados al buceo. Los procedimientos de reporte del estado del equipo del accidente/incidente aplican en este capítulo, en general, para todo accidente de buceo donde el desempeño del equipo es inadecuado o funciona mal, o es un factor el error en los procedimientos de operación y mantenimiento del equipo.

En muchas circunstancias puede ser requerido también un Reporte de Análisis de Falla de Equipo de Soporte de Vida de Buceo (FAR). El propósito principal de este requerimiento es para identificar cualquier deficiencia material que pueda haber contribuido al accidente. Cualquier sospecha de mal funcionamiento o deficiencia del equipo de soporte de vida será investigada completamente por pruebas controladas en la Unidad de Buceo Experimental de la Marina (NEDU). La NEDU tiene la capacidad para desempeñar investigaciones de ingeniería y probando totalmente sin tripulación todo el equipo de la Marina bajo todos los tipos de presión y condiciones ambientales. La profundidad, turbidez del agua y temperatura pueden ser duplicadas para todos los escenarios de buceo de la Marina de E.U. concebibles.

Contacte a NAVSEA/00C3 para asistir a las unidades de buceo con investigaciones y colección de datos después de un accidente de buceo. 00C3 asignará un representante para inspeccionar la condición inicial del equipo y para recoger o despachar todos los registros

pertinentes y equipo al NEDU, para la prueba sin tripulación. Una vez recibido el equipo defectuoso, el NEDU conducirá las pruebas sin tripulación tan rápido como sea posible y entonces regresará el equipo a la actividad apropiada.

NOTA **No se meta con el equipo sin antes contactar a NAVSEA/00C3 para las guías.**

5-11 CRITERIO DE REPORTE

Los requerimientos del buceo y del estado del equipo relacionados a accidente / incidente de buceo establecidos adelante en este capítulo, son obligatorios para todas las unidades de buceo de la Marina de E.U. en cada una de las siguientes circunstancias:

- En todos los casos cuando un accidente/incidente resulte en una fatalidad o lesión grave.
- Cuando un accidente/incidente ocurre y un mal funcionamiento o desempeño inadecuado del equipo puede haber contribuido al accidente/incidente.

5-12 ACCIONES REQUERIDAS

Las unidades de buceo de la Marina de E.U. deben realizar el siguiente procedimiento cuando un accidente/incidente de buceo o accidente relacionado cumpla los criterios establecidos en el párrafo 5-11.

1. Inmediatamente asegure y proteja de manipulación todo el equipo lo que uso el buzo y el equipo de soporte auxiliar que pueda haber contribuido al accidente. Este equipo debe también incluir, pero no limitar, al compresor, regulador, profundímetro, manómetro de presión sumergible, traje de buceo, chaleco compensador/salvavidas, cinturón de plomos y suministro de gas (scuba, suministro de gas de emergencia, etc.)
2. Enviendo reporte de las circunstancias del accidente/incidente por mensaje (ver OPNAVINST serie 5100.19 para los requerimientos del formato) a:
 - NAVSAFECEN NORFOLK VA//JJJ// con copias de la información a CNO WASHINGTON DC//N873// COMNAVSEASYSCOM WASHINGTON DC//00C// y NAVXDIVINGU PANAMA CITY FL//JJJ//.
 - Si el accidente/incidente está relacionado al MK 16, también mande copias de la información a PEO MINEWAR WASHINGTON DC//PMS-EOD// y NAVEODTECHDIV INDIAN HEAD MD//70//.
 - Si el accidente/incidente está relacionado al MK 25 (LAR V), también mande copias de la información a COMNAVSEASYSCOM WASHINGTON DC//PEO EXW PMS 325//.
 - Si el accidente/incidente ocurre en una instalación con base en la costa (NAVFAC), también mande copias de la información a NFESC EAST COAST DET WASHINGTON DC//00CE//.
3. Prepare para despachar un **reporte escrito separado** del accidente/incidente. El reporte debe incluir:

- Una Hoja de Información de Accidente/Incidente de Equipo completada (Figura 5-2a)
 - Una Hoja de Datos de Estado de Equipo de Accidente/ Incidente completada (Figura 2b)
 - Una narración secuencial del accidente incluyendo detalles relevantes que puedan no ser aparentes en las hojas de datos
4. Las hojas de datos y la narración escrita deben ser enviados por correo registrado rastreable a:

Oficial de Comando
Unidad de Buceo Experimental de la Marina
321 Bullfinch Road
Panama City, Florida 32407-7015

Atención: Código 03, Prueba y Evaluación

5. Empaque una copia certificada de todos los registros 3M pertinentes y entréguelo al representante en la escena de NAVSEA/00C3.

NOTA **Llame a NAVSEA/NEDU/NAVFAC con los detalles del accidente o incidente cuando sea posible. El contacto personal puede prevenir pérdida de evidencia vital para la evaluación del equipo.**

5-12.1 **Reporte de Deficiencia/Evaluación de Manual Técnico.** Si se cree que el accidente/incidente es solamente atribuible a error en los procedimientos de operación y mantenimiento, incluyendo publicaciones, realice un Reporte de Evaluación/Deficiencia de Manual Técnico (TMDER) de NAVSEA (usuario) y requiera consejo de NEDU para indagar si es necesario el envío de todo o parte del equipo.

5-12.2 **Envío de Equipo.** Para entrega rápida, los scuba, MK 16 y cilindros EGS deben ser transportados separadamente de acuerdo con las directrices DOT en uso y los procedimientos del comando para envío de cilindros de gas comprimido. Los cilindros deben ser despachados en su condición exacta de recuperación (ej., vacío, parcialmente lleno, totalmente cargado). Si el equipo que se cree que contribuyó al accidente/incidente es tan grande para transportarlo económicamente, contacte a NEDU para determinar los procedimientos alternos.

APÉNDICE 1A

Distancias Seguras para Bucear con Transmisiones de Sonar

1A-1 INTRODUCCION

El propósito de este apéndice es proporcionar guías con respecto a las distancias para bucear con seguridad y tiempos de exposición para buzos que se encuentren trabajando cerca de barcos transmitiendo con sonar. La Tabla 1A-1 proporciona una guía para seleccionar las Tablas de Límites de Exposición Permisibles; la Tabla 1A-2 proporciona guías adicionales para buzos con casco. Las Tablas 1A-3 a 1A-5 proveen procedimientos específicos para operaciones de buceos que involucran sonares AN/SQS-23, -26, -53; AN/SQQ-14, -30 y -32; AN/BSY-1, -2; y AN/BQQ-5. La sección 1A-6 proporciona guías y precauciones concernientes a la exposición de los buzos a un sonar de baja frecuencia (160-320 Hz). Contate al Supervisor de Buceo NAVSEA (00C3B) para la guía con otros sonares. Este apéndice ha sido revisado sustancialmente de Distancias Seguras para Bucear con Transmisiones de Sonar (NAVSEAINST Serie 3150.2) y debe ser leído en su totalidad.

1A-2 ANTECEDENTES

El Capítulo 18 de OPNAVINST Serie 5100.23 es la instrucción básica que gobierna la conservación del oído y abatimiento del ruido, pero no dirige la exposición a los sonidos originados en el agua. Las Tablas 1A-3 a 1A-6 son derivadas de investigaciones teóricas y experimentales realizadas en el Laboratorio Naval de Investigación Médica Submarina (NSMRL) y en la Unidad de Buceo Experimental Naval (NEDU). Esta instrucción provee guías de campo para determinar las distancias seguras para bucear con transmisiones de sonar. Esta instrucción es un suplemento para OPNAVINST Serie 5100.23 y debería implementarse junto con OPNAVINST Serie 5100.23 por los comandos que emplean buzos.

El Nivel de Presión del Sonido (NPS), no distante, es el factor determinante para establecer los Límites de Exposición Permisibles (LEP). La exposición NPS en las Tablas 1A-3 a 1A-6 está basada en la ecuación del sonar y asumen el sonar omni-direccional y el cálculo de la ley de los cuadrados inversos. Cualquier medio establecido puede ser utilizado para estimar el NPS en el lugar de buceo, y cual NPS puede ser usado para determinar el LEP. Cuando el límite de exposición es sobreestimado, resultará un pequeño daño, excepto a la cédula de trabajo. Cualquier queja de ruido excesivo o dolor de oído, por parte de los buzos, requiere que sean tomadas acciones correctivas. La Sección 1A-6 proporciona una guía para la exposición de los buzos a bajas frecuencias de sonares activos (LFA por sus siglas en Inglés), las cuales deben ser consultadas ya sea que se sospeche de o se tenga una exposición anticipada a LFA.

Este apéndice no impide la operación de cualquier sonar en conjunto con las operaciones de buceo, especialmente bajo condiciones apremiantes operacionalmente. Este se basa en las condiciones de salud y seguridad operacional que deberían ser implementada para operaciones de buceo de rutina. Debe ser aplicado juiciosamente bajo circunstancias operacionales especiales. La guía en las Tablas 1A-3 a 1A-6 tiene la intención de facilitar la integración de las operaciones con éxito.

1A-3 ACCION

Los Oficiales del Comando o los Oficiales en Jefe Presentes a Flote están para asegurar que las operaciones de buceo y de sonar estén integradas usando las guías dadas por este

apéndice. Los procedimientos apropiados tienen que ser establecidos dentro de cada comando para llevar a cabo la coordinación entre las unidades, implementar condiciones de seguridad y proporcionar operaciones eficientes usando las guías de las Tablas 1A-3 a 1A-6.

1A-4 HOJAS DE DISTANCIAS PARA BUCEOS CON SONAR CON DIRECCIONES PARA SU USO

1A-4.1 Información e Introducción General. En las Tablas 1A-3 a 1A-6 están dados los Límites de Exposición Permisibles (LEP), en minutos, para exposiciones de buzos a transmisiones de sonar.

1A-4.1.1 Efectos de Exposición. Las Tablas 1A-3 a 1A-5 están divididas por líneas horizontales dobles. Las condiciones de exposiciones arriba de las líneas dobles deben ser evitadas para operaciones de rutina. Conforme el Nivel de Presión del Sonido (NPS) aumente por encima de 215 dB para buzos con capucha, pueden ocurrir efectos tales como un ligero cambio en el campo de visión (probablemente debido a la estimulación directa de los canales semicirculares), niebla en la mirilla de la máscara, el atomizado de algo de agua dentro de la máscara y otros. En presencia de pulsos largos de sonar (1 segundo o más), los profundímetros pueden tener lecturas erráticas y los reguladores pueden tender a tener flujo libre. Los buzos en el Laboratorio Naval de Investigación Médica Submarina experimentaron estos fenómenos durante investigaciones controladas y reportaron que aunque estos efectos no son placenteros, son tolerables. Los mismos datos no están disponibles para buzos que no estén usando la capucha, pero pueden ocurrir cambios del campo visual en estos buzos a niveles más bajos. Si es necesario que los buzos sean expuestos a tales condiciones, deben ser informados cuidadosamente y, si es posible, darles exposiciones cortas como entrenamiento bajo condiciones controladas cuidadosamente. Debido a que la probabilidad de un daño fisiológico aumenta marcadamente conforme la presión del sonido aumenta más allá de los 200 dB en cualquier frecuencia, la exposición de los buzos a más de 200 dB está prohibida a menos que estén equipados con trajes húmedos completos y capuchas. Los buzos protegidos completamente (trajes húmedos completos y capuchas), por ninguna razón deben ser expuestos a NPS por encima de 215 dB en ninguna frecuencia.

1A-4.1.2 Características del Traje y Capucha. Hay algunas variaciones en la nomenclatura y características de los trajes y capuchas usadas por los buzos. Los sujetos quienes participaron en los experimentos del Laboratorio Naval de Investigación Médica Submarina usaron neopreno de 3/8" con una cubierta de nylon para los trajes y capuchas. Investigaciones subsecuentes han mostrado que los trajes y capuchas de 3/16" proporcionan casi la misma atenuación que los de 3/8". Las capuchas deben quedar bien ajustadas y cubrir el cráneo completamente, incluyendo las áreas de la barbilla y mejillas. El uso de capuchas como protección de los oídos bajo el agua es altamente recomendado.

1A-4.1.3 Audición en el Agua contra Audición en el Gas. Hay una diferencia entre la audición en el agua y la audición en el gas. La audición en el agua ocurre cuando el cráneo está en contacto directo con el agua, como cuando la cabeza está desnuda o cubierta con una capucha húmeda. La audición en el gas ocurre cuando el cráneo está rodeado de gas como en el casco de buceo MK 21. la audición en el agua ocurre por conducción en los huesos – el sonido incidente en cualquier parte del cráneo es transmitido al oído interno, sobrepasando el oído medio y el externo. La audición en el gas ocurre de la manera normal – el sonido entra al canal del oído externo y estimula al oído interno a través del oído medio.

1A-4.2 Direcciones para Completar la Hoja de Trabajo para Buceo a Distancias del Sonar. Siga los pasos listados abajo para determinar los Límites de Exposición Permisibles (LEP) para el caso cuando se desconozca el Nivel de Presión del Sonido (NPS), decibeles (dB) actuales, en el sitio de buceo. La Figura 1A-1 es una hoja de trabajo para calcular la distancia segura de buceo / tiempo de exposición. Las Figuras 1A-2 a 1A-5 son hojas de trabajo completas usando problemas de ejemplo. Trabaje con estos problemas antes de aplicar la hoja de trabajo a su situación en particular.

- Paso 1.** **Traje del Buzo.** Identifique el tipo de equipo de buceo – traje húmedo sin capucha; traje húmedo con capucha; casco. Marque la línea apropiada en el paso 1 de la hoja de trabajo.
- Paso 2.** **Tipo(s) de Sonar.** Identifique mediante la Oficina de Comando del barco o el representante, el tipo(s) de sonar que estará transmitiendo durante el período de tiempo en que se planea que el buzo esté en el agua. Anote el tipo(s) de sonar en el paso 2 de la hoja de trabajo.
- Paso 3.** **Selección de la Tabla LEP.** Utilice la tabla 1A-1 para determinar que tabla LEP usará para sus cálculos. Para el buceo con traje de nado, use las tablas de traje húmedo sin capucha. Marque la tabla usada en el paso 3 de la hoja de trabajo.

Tabla 1A-1. Selección de Tabla LEP.

Traje del Buzo:	SONAR		
	Todos excepto AN/SQQ -14, -30, -32	AN/SQQ -14, -30, -32	Sonar Desconocido
Traje húmedo sin capucha	Tabla 1A-3	Tabla 1A-6	Inicia a 1000 yardas y se acerca de acuerdo al confort del buzo
Traje húmedo con capucha	Tabla 1A-4	Tabla 1A-6	Inicia a 600 yardas y se acerca de acuerdo al confort del buzo
Casco	Tabla 1A-5	Sin restricción	Inicia a 3000 yardas y se acerca de acuerdo al confort del buzo

Para guías para sonares no indicados por esta instrucción, contacte NAVSEA (00C32) DSN 327-2766

- NOTA** **Si se desconoce el tipo de sonar, inicie el buceo a 600-3000 yardas, dependiendo del equipo de buceo (use mayores distancias si se utiliza casco) y acérquese de acuerdo al confort del buzo.**
- Paso 4.** **Distancia al Sonar.** Determine la distancia (en yardas) al sonar que está transmitiendo desde el lugar de trabajo del buzo. Indique el rango en yardas en el paso 4 de la hoja de trabajo.
- NOTA** **Si el rango se encuentra entre dos valores de la tabla, utilice el rango más corto. Esto asegurará que el NPS no sea subestimado y que el LEP sea conservador.**
- Paso 5.** **NPS Estimado.** En la tabla seleccionada LEP (Tabla 1A-1) determinada en el paso 3 de la hoja de trabajo (Figura 1A-1), localice la distancia de buceo (rango) en la columna apropiada del equipo de sonar. Lea a través de la columna que está más a la izquierda para encontrar el NPS en dB. Para los rangos intermedios a los mostrados, use el rango más corto. Ponga este valor NPS en el paso 5 de la hoja de trabajo. Si el valor del NPS en dB puede determinarse en el sitio de buceo, ponga el valor medido en el paso 5.
- Paso 6. Reducción de la Profundidad de Buceo con Casco.**

Si el equipo de buceo no es el casco, ponga 0 en el paso 6 de la hoja de trabajo y vaya al paso 7 de estas instrucciones.

**HOJA DE TRABAJO PARA DISTANCIA SEGURA DE BUCEO Y TIEMPOS
DE EXPOSICIÓN RESPECTO DE UN SONAR**

1. Traje del buzo:
Traje húmedo sin capucha: _____
Traje húmedo con capucha: _____
Casco: _____
2. Tipo(s) de sonar: _____
3. Tabla LEP 1A-3_____; 1A-4_____; 1A-5_____; 1A-6_____
4. Rango(s) al sonar (yardas):_____
5. NPS estimado en el rango del paso 3 (de la tabla / columna en el paso 3):_____

**Recuerde: Si el rango está entre dos valores en la tabla, use el más corto.
Si el NPS es medido en el sitio de buceo, use el valor medido.**

6. Reducción de la profundidad _____ dB
- Recuerde: 0 si no tiene casco, vean las instrucciones de la tabla si tiene casco.**
7. NPS corregido (paso 5 menos Paso 6) _____
8. LEP estimado en el NPS (de la tabla / columna en el paso 3 del apéndice):_____
9. Ciclo de Trabajo Conocido: Sí _____ (haga el paso 9); No _____ (alto)

Ajuste el LEP para el ciclo de trabajo actual

$$\% \text{ CT actual} = \frac{100 \times \text{seg. (Amplitud de pulso)}}{\text{seg. (período de repetición de pulso)}}$$

$$\% \text{ CT actual} =$$

$$\text{LEP ajustado} = \frac{\text{LEP (del paso 8)}}{\text{min.}} \times 20/\text{CT actual (\%)} = \text{min.}$$

$$\text{LEP1} = \text{minutos}; \text{LEP2} = \text{minutos}$$

Recuerde: No ajuste el LEP si se desconoce el ciclo de trabajo.

10. Sonares Múltiples: Sí _____ (haga el paso 10); No _____ (alto)

$$\text{Sonar 1: TB1} = \text{(Duración deseada del buceo)}$$

$$\text{LEP1} = \text{(del paso 8 ó 9, según sea aplicable)}$$

$$\text{TB1/LEP1} =$$

$$\text{Sonar 2: TB1} = \text{(Duración deseada del buceo)}$$

$$\text{LEP1} = \text{(del paso 8 ó 9, según sea aplicable)}$$

$$\text{TB1/LEP1} =$$

$$\text{DR} = \frac{\text{TB1}}{\text{LEP1}} + \frac{\text{TB2}}{\text{LEP2}} = \text{ (Esto es menor que 1.0, de tal manera que el buceo es aceptable y se puede proceder.)}$$

Recuerde: El ruido no debe exceder un valor de 1.0.

Figura 1A-1. Hoja de Trabajo para Distancia Segura de Buceo y Tiempos de Exposición Respecto de un Sonar

Los buzos con casco han experimentado una reducida sensibilidad a la presión del sonido conforme aumenta la profundidad. Las reducciones listadas en la Tabla 1A-2 pueden sustraerse del NPS para buzos con casco en la Tabla 1A-5. anote la reducción en el paso 6 de la hoja de trabajo. Si la profundidad está entre dos valores en la tabla, use la menor reducción ya que el valor producirá un LEP conservador.

Tabla 1A-2. Tabla de Reducción de Profundidad.

Profundidad (fsw)	Reducción (dB)	Profundidad (fsw)	Reducción (dB)
9	1	98	6
19	2	132	7
33	3	175	8
50	4	229	9
71	5	297	10

- Paso 7.** **NPS Corregido.** El NPS corregido es igual al NPS estimado del paso 5 menos la reducción en dB del paso 6. anote el NPS corregido en el paso 7 de la hoja de trabajo.
- Paso 8.** **Determinación del LEP.** Vaya al NPS en la tabla apropiada y lea una columna a la derecha para encontrar el LEP para el NPS mostrado en el paso 7 de la hoja de trabajo. Anótelo en el paso 8 de la hoja de trabajo.
- Paso 9.** **Ciclo de Trabajo / Cálculo de LEP Ajustado.** Las Tablas 1A-3 a 1A-6 asumen un ciclo de trabajo de transmisión del 20%. El Ciclo de Trabajo (CT) es el porcentaje de tiempo en un período dado en que el agua se llena de pulsos de sonido (transmisión del sonar). Los operadores del sonar pueden usar varios medios de cálculo del ciclo de trabajo que son válidos para el propósito de esta instrucción. Si el ciclo de trabajo actual es diferente al 20%, el LEP puede ser extendido o acortado proporcionalmente. Use el paso 9 de la hoja de trabajo para calcularlo y anote el LEP corregido.

La fórmula para el ciclo de trabajo es:

$$CT = 100 \times \text{amplitud de pulso (seg.)} / \text{período de repetición de pulso (seg.)}$$

La fórmula para el LEP ajustado es:

$$\text{LEP ajustado} = \text{LEP} \times 20 / \text{ciclo de trabajo actual}; \text{ Ecuación 1}$$

Problema Ejemplo. Un buzo equipado con traje húmedo sin capucha se encuentra a 16 yardas de un sonar AN/SQQ-14 transmitiendo pulsos de 500 mseg. (0.5 seg.) cada 10 segundos.

Solución. El porcentaje del ciclo de trabajo actual es:

$$\% CT \text{ Actual} = 100\% \times 0.5/10 = 5\%$$

Localice el LEP de la tabla (el cual es para un ciclo de trabajo del 20%). Calcule el LEP ajustado como sigue:

Usando el paso 9 de la hoja de trabajo,

$$\text{LEP Ajustado} = \text{LEP (del paso 8)} 170 \times 20/5 = 680 \text{ minutos}$$

Si van a ser usados ciclos de trabajo variables, seleccione el valor de porcentaje más alto.

Paso 10. Cálculo de Dosis Múltiples de Ruido / Sonar. Cuando dos o más sonares están operando simultáneamente, u ocurren dos o más períodos de exposición de ruido de diferentes valores, se deben considerar los efectos combinados. En la siguiente fórmula, **DR** es la dosis diaria de ruido y no debe exceder el valor de 1.0, TB es el tiempo de buceo (exposición) (desde que se deja la superficie hasta que se llega a la superficie), y LEP es el LEP por cada condición de exposición de ruido calculada como se describió anteriormente.

$$DR = TB1/LEP1 + TB2/LEP2 + \dots TBn/LEPn; \text{ Ecuación 2}$$

Nota: TB1/LEP1 es para el primer sonar, TB2/LEP2 es para el segundo sonar, hasta el número total de sonares en uso.

Para usar la hoja de trabajo, vaya a través de los pasos 1-9 para cada sonar, ponga los valores apropiados en cada paso de la hoja de trabajo. Anote el LEP en el paso 10 de la hoja de trabajo. Hay espacio para dos sonares en la hoja e trabajo. Si se van a utilizar más de dos, siga el mismo formato y continúe los cálculos en el espacio en blanco al final de la hoja de trabajo.

Problema Ejemplo. Un buzo equipado con traje húmedo con capucha se encuentra a 100 yardas de un sonar transmitiendo tipo AN/SQS-53A y de uno AN/SQS-23, durante 15 minutos.

Solución.

$$TB1 = 15 \text{ minutos}$$

$$LEP1 (\text{para el sonar SQS-53A}) = 50 \text{ minutos}$$

$$TB1/LEP1 = 15/50 = 0.3$$

$$TB2 = 15 \text{ minutos}$$

$$LEP2 (\text{para el sonar SQS-23}) = 285 \text{ minutos}$$

$$TB2/LEP2 = 15/285 = 0.05$$

$$DR = 0.3 + 0.05 = 0.35$$

Esto es menos que 1.0 y por lo tanto es aceptable.

Ejemplo 1: Está planeando un buceo de rutina durante 160 minutos, usando un traje húmedo sin capucha, en un lugar de buceo el cual está a 17 yardas de un sonar AN/SQQ-14. El ciclo de trabajo para ese sonar se desconoce. ¿Está permitido este buceo? Dé una justificación para su decisión

HOJA DE TRABAJO PARA DISTANCIA SEGURA DE BUCEO Y TIEMPOS DE EXPOSICIÓN RESPECTO DE UN SONAR

1. Traje del buzo: Traje húmedo sin capucha: Traje húmedo con capucha:
Casco:
2. Tipo(s) de sonar: AN/SQQ-14
3. Tabla LEP 1A-3 _____; 1A-4 _____; 1A-5 _____; 1A-6
4. Rango(s) al sonar (yardas): 17
5. NPS estimado en el rango del paso 3 (de la tabla / columna en el paso 3): NPS = 198 dB

Recuerde: Si el rango está entre dos valores en la tabla, use el más corto.
Si el NPS es medido en el sitio de buceo, use el valor medido.

6. Reducción de la profundidad 0 dB
Recuerde: 0 si no tiene casco, vean las instrucciones de la tabla si tiene casco.
7. NPS corregido (paso 5 menos Paso 6) NPS1 198 - 0 = 198 dB
8. LEP estimado en el NPS (de la tabla / columna en el paso 3 del apéndice): LEP1 = 170 minutos
9. Ciclo de Trabajo Conocido: Sí _____ (haga el paso 9); No (alto)

Ajuste el LEP para el ciclo de trabajo actual

$$\begin{aligned} \% \text{ CT actual} &= 100 \times \text{seg. (Amplitud de pulso)} / \text{seg. (período de repetición de pulso)} \\ \% \text{ CT actual} &= \text{LEP (del paso 8)} \text{ min.} \times 20/\text{CT actual (\%)} = \text{min.} \end{aligned}$$

$$\text{LEP1} = \text{minutos}; \text{LEP2} = \text{minutos}$$

Recuerde: No ajuste el LEP si se desconoce el ciclo de trabajo.

10. Sonares Múltiples: Sí _____ (haga el paso 10); No (alto)
Sonar 1: TB1 = _____ (Duración deseada del buceo)
LEP1 = _____ (del paso 8 ó 9, según sea aplicable)
TB1/LEP1 = _____
Sonar 2: TB1 = _____ (Duración deseada del buceo)
LEP1 = _____ (del paso 8 ó 9, según sea aplicable)
TB1/LEP1 = _____
DR = _____ + _____ = _____ (Esto es menor que 1.0, de tal manera que el buceo es aceptable y se puede proceder.)

Recuerde: El ruido no debe exceder un valor de 1.0.

El tiempo de buceo de 160 minutos es permitido ya que el LEP es de 170 minutos.

Figura 1A-2. Hoja de Trabajo para Distancia Segura de Buceo y Tiempos de Exposición Respecto de un Sonar (Ejemplo).

Ejemplo 2: Está planeando un buceo de rutina durante 75 minutos, usando un traje húmedo sin capucha, en un lugar de buceo el cual está a 1000 yardas de un sonar AN/SQS-23. El NPS fue medido en 185 dB. El ciclo de trabajo para ese sonar se desconoce. ¿Está permitido este buceo? Dé una justificación para su decisión

HOJA DE TRABAJO PARA DISTANCIA SEGURA DE BUCEO Y TIEMPOS DE EXPOSICIÓN RESPECTO DE UN SONAR

1. Traje del buzo:
Traje húmedo sin capucha: X
Traje húmedo con capucha: _____
Casco: _____
2. Tipo(s) de sonar: AN/SQS-23
3. Tabla LEP 1A-3 X; 1A-4 _____; 1A-5 _____; 1A-6 _____
4. Rango(s) al sonar (yardas): 1000
5. NPS estimado en el rango del paso 3 (de la tabla / columna en el paso 3): NPS = 185 dB

Recuerde: Si el rango está entre dos valores en la tabla, use el más corto.
Si el NPS es medido en el sitio de buceo, use el valor medido.

6. Reducción de la profundidad 0 dB
7. Recuerde: 0 si no tiene casco, vean las instrucciones de la tabla si tiene casco.
8. NPS corregido (paso 5 menos Paso 6) NPS1 185 - 0 = 185 dB
9. LEP estimado en el NPS (de la tabla / columna en el paso 3 del apéndice): LEP1 = 170 minutos

9. Ciclo de Trabajo Conocido: Sí _____ (haga el paso 9); No (alto)

Ajuste el LEP para el ciclo de trabajo actual

$$\begin{aligned} \% \text{ CT actual} &= 100 \times \text{seg. (Amplitud de pulso)} / \text{seg. (período de repetición de pulso)} \\ \% \text{ CT actual} &= \text{LEP (del paso 8)} \text{ min.} \times 20/\text{CT actual (\%)} = \text{min.} \end{aligned}$$

$$\text{LEP1} = \text{minutos}; \text{LEP2} = \text{minutos}$$

Recuerde: No ajuste el LEP si se desconoce el ciclo de trabajo.

10. Sonares Múltiples: Sí _____ (haga el paso 10); No (alto)
- Sonar 1: TB1 = _____ (Duración deseada del buceo)
LEP1 = _____ (del paso 8 ó 9, según sea aplicable)
TB1/LEP1 = _____
- Sonar 2: TB1 = _____ (Duración deseada del buceo)
LEP1 = _____ (del paso 8 ó 9, según sea aplicable)
TB1/LEP1 = _____
- DR = _____ + _____ = _____ (Esto es menor que 1.0, de tal manera que el buceo es aceptable y se puede proceder.)

Recuerde: El ruido no debe exceder un valor de 1.0.

El tiempo de buceo de 75 minutos es permitido ya que el LEP es de 170 minutos.

Figura 1A-3. Hoja de Trabajo para Distancia Segura de Buceo y Tiempos de Exposición Respecto de un Sonar (Ejemplo).

Ejemplo 3: Está planeando un buceo a 98 fsw durante 35 minutos, usando el MK 21, en un lugar de buceo el cual está a 3000 yardas de un sonar AN/SQS-53C. El ciclo de trabajo para ese sonar se desconoce. ¿Está permitido este buceo? Dé una justificación para su decisión

HOJA DE TRABAJO PARA DISTANCIA SEGURA DE BUCEO Y TIEMPOS DE EXPOSICIÓN RESPECTO DE UN SONAR

1. Traje del buzo: Traje húmedo sin capucha: _____
Traje húmedo con capucha: _____
Casco:
2. Tipo(s) de sonar: AN/SQS-53
3. Tabla LEP 1A-3 _____; 1A-4 _____; 1A-5 X _____; 1A-6 _____
4. Rango(s) al sonar (yardas): 3000
5. NPS estimado en el rango del paso 3 (de la tabla / columna en el paso 3): NPS1 = 181 dB

Recuerde: Si el rango está entre dos valores en la tabla, use el más corto.
Si el NPS es medido en el sitio de buceo, use el valor medido.

6. Reducción de la profundidad 6 dB
7. NPS corregido (paso 5 menos Paso 6) NPS1 181 – 6 = 175 dB
8. LEP estimado en el NPS (de la tabla / columna en el paso 3 del apéndice): LEP1 = 50 minutos
9. Ciclo de Trabajo Conocido: Sí _____ (haga el paso 9); No X (alto)

Ajuste el LEP para el ciclo de trabajo actual

$$\% \text{ CT actual} = 100 \times \text{seg. (Amplitud de pulso)} / \text{seg. (período de repetición de pulso)}$$

$$\% \text{ CT actual} = \text{LEP (del paso 8)} \text{ min.} \times 20/\text{CT actual (\%)} = \text{min.}$$

$$\text{LEP1} = \text{minutos}; \text{LEP2} = \text{minutos}$$

Recuerde: No ajuste el LEP si se desconoce el ciclo de trabajo.

10. Sonares Múltiples: Sí _____ (haga el paso 10); No X (alto)
- Sonar 1: TB1 = _____ (Duración deseada del buceo)

$$\text{LEP1} = \text{(del paso 8 ó 9, según sea aplicable)}$$

$$\text{TB1/LEP1} = \text{_____}$$
- Sonar 2: TB1 = _____ (Duración deseada del buceo)

$$\text{LEP1} = \text{(del paso 8 ó 9, según sea aplicable)}$$

$$\text{TB1/LEP1} = \text{_____}$$
- DR = $\text{_____} + \text{_____} = \text{_____}$ (Esto es menor que 1.0, de tal manera que el buceo es aceptable y se puede proceder.)

Recuerde: El ruido no debe exceder un valor de 1.0.

El tiempo de buceo de 35 minutos es permitido ya que el LEP es de 50 minutos.

Figura 1A-4. Hoja de Trabajo para Distancia Segura de Buceo y Tiempos de Exposición Respecto de un Sonar (Ejemplo).

Ejemplo 4: Está planeando un buceo de rutina durante 120 minutos, usando un traje húmedo con capucha, en un lugar de buceo el cual está a 200 yardas de un sonar AN/SQS-53A y a 120 yardas de un sonar AN/SQS-23. El AN/SQS-53A está transmitiendo pulsos a 800 msec. (0.8 seg.) cada 20 seg. El ciclo de trabajo del AN/SQS-23 se desconoce. ¿Está permitido este buceo? Dé una justificación para su decisión

HOJA DE TRABAJO PARA DISTANCIA SEGURA DE BUCEO Y TIEMPOS DE EXPOSICIÓN RESPECTO DE UN SONAR

1. Traje del buzo:
Traje húmedo sin capucha: _____
Traje húmedo con capucha: X
Casco: _____
 2. Tipo(s) de sonar: AN/SQS-53A y AN/SQS-23
 3. Tabla LEP 1A-3 _____; 1A-4 X _____; 1A-5 _____; 1A-6 _____
 4. Rango(s) al sonar (yardas): 200 (del SQS-53A); 120 (del SQS-23)
 5. NPS estimado en el rango del paso 3 (de la tabla / columna en el paso 3): NPS1 = 201; NPS2 = 196 dB
(para recordar, use NPS para el rango de 112 yardas)
Recuerde: Si el rango está entre dos valores en la tabla, use el más corto.
Si el NPS es medido en el sitio de buceo, use el valor medido.
 6. Reducción de la profundidad 0 dB
Recuerde: 0 si no tiene casco, vean las instrucciones de la tabla si tiene casco.
 7. NPS corregido (paso 5 menos Paso 6) NPS1 201 - 0 = 185 dB; NPS2 196 - 0 = 196 dB
 8. LEP estimado en el NPS (de la tabla / columna en el paso 3 del apéndice): LEP1 = 143 min. LEP2 = 339 min.
 9. Ciclo de Trabajo Conocido: Sí X (haga el paso 9); No _____ (alto)
Ajuste el LEP para el ciclo de trabajo actual

$$\% \text{ CT actual} = \frac{100}{\text{CT total}} \times \text{Tiempo de pulso}$$

$$\% \text{ CT actual} = \frac{100}{20} \times 0.8 = 40\%$$

$$\text{LEP ajustado} = \text{LEP (del paso 8)} \times \frac{\text{CT actual}}{\text{CT total}} = 143 \times \frac{40}{100} = 57.2 \text{ min.}$$

$$\text{LEP1} = 71.5 \text{ minutos; LEP2} = 339 \text{ minutos}$$
Recuerde: No ajuste el LEP si se desconoce el ciclo de trabajo.
 10. Sonares Múltiples: Sí X (haga el paso 10); No _____ (alto)
Sonar 1: TB1 = 120 (Duración deseada del buceo)
LEP1 = 715 (del paso 8 ó 9, según sea aplicable)
TB1/LEP1 = 120/715 = 0.17
Sonar 2: TB1 = 120 (Duración deseada del buceo)
LEP1 = 339 (del paso 8 ó 9, según sea aplicable)
TB1/LEP1 = 120/339 = 0.35
DR = 0.17 + 0.35 = 0.52 (Esto es menor que 1.0, de tal manera que el buceo es aceptable y se puede proceder.)
- Recuerde:** El ruido no debe exceder un valor de 1.0.

El tiempo de buceo de 120 minutos es permitido ya que el DR es menor que 1.0

Figura 1A-5. Hoja de Trabajo para Distancia Segura de Buceo y Tiempos de Exposición Respecto de un Sonar (Ejemplo).

Tabla 1A-3. Traje Húmedo Sin Capucha.

Límites de Exposición Permisibles (LEP) dentro de un período de 24 horas para exposiciones a sonares AN/SQS-23, -26, -53, -56, AN/BSY-1, -2 y AN/BQQ-5, incluyendo versiones y actualizaciones. Las condiciones de exposición mostradas arriba de la línea doble deberían ser evitadas excepto en caso de necesidades operacionales apremiantes.

Rangos estimados en yardas para LEP y NPS dados para sonar

NPS (dB)	LEP (min.)	BSY-1 SQS-53C	BQQ-5	SQS-23 SQS-26AX SQS-26BX, SQS26CX SQS-56
			BSY-2 SQS-26CX(U) SQS-53A, SQS-53B SQS-56(U)	
200	13	316	224	71
199	15	355	251	79
198	18	398	282	89
197	21	447	316	100
196	25	501	355	112
195	30	562	398	126
194	36	631	447	141
193	42	708	501	158
192	50	794	562	178
191	60	891	631	200
<hr/>				
190	71	1000	708	224
189	85	1122	794	251
188	101	1259	891	282
187	120	1413	1000	316
186	143	1585	1122	355
185	170	1778	1259	398
184	202	1995	1413	447
183	240	2239	1585	501
182	285	2512	1778	562
181	339	2818	1995	631
180	404	3162	2239	708
179	480	3548	2512	794
178	571	3981	2818	891
177	679	4467	3162	1000
176	807	5012	3548	1122
175	960	5623	3981	1259

EVITE ESTA EXPOSICION

Todos los rangos y NPS son nominales.

*El NPS es medido en dB/1 µPa en el lugar de buceo. Para convertir NPS para niveles de sonido referenciados a mbar, reste 100 dB de los niveles de las tablas.

(U) = Actualización

Tabla 1A-4. Traje Húmedo Con Capucha.

Límites de Exposición Permisibles (LEP) dentro de un período de 24 horas para exposiciones a sonares AN/SQS-23, -26, -53, -56, AN/BSY-1, -2 y AN/BQQ-5, incluyendo versiones y actualizaciones. Las condiciones de exposición mostradas arriba de la línea doble deberían ser evitadas excepto en caso de necesidades operacionales apremiantes.

Rangos estimados en yardas para LEP y NPS dados para sonar

NPS (dB)	LEP (min.)	BSY-1 SQS-53C	BQQ-5	BSY-2	SQS-23
			SQS-26CX(U) SQS-53A, SQS-53B	SQS-56(U)	SQS-26AX SQS-26BX, SQS-26CX SQS-56
215	13	56		40	13
214	15	63		45	14
213	18	71		50	16
212	21	79		56	18
211	25	89		63	20
210	30	100		71	22
209	36	112		79	25
208	42	126		89	28
207	50	141		110	32
206	60	158		112	35
<hr/>					
205	71	178		126	40
204	85	200		141	45
203	101	224		158	50
202	120	251		178	56
201	143	282		200	63
200	170	316		224	71
199	202	355		251	79
198	240	398		282	89
197	285	447		316	100
196	339	501		355	112
195	404	562		398	126
194	480	631		447	141
193	571	708		501	158
192	679	794		562	178
191	807	891		631	200
190	960	1000		708	224

EVITE ESTA EXPOSICION

Todos los rangos y NPS son nominales.

*El NPS es medido en dB/1 μ PA en el lugar de buceo. Para convertir NPS para niveles de sonido referenciados a mbar, reste 100 dB de los niveles de las tablas.

(U) = Actualización

Tabla 1A-5. Casco.

Límites de Exposición Permisibles (LEP) dentro de un período de 24 horas para exposiciones a sonares AN/SQS-23, -26, -53, -56, AN/BSY-1, -2 y AN/BQQ-5, incluyendo versiones y actualizaciones. Las condiciones de exposición mostradas arriba de la línea doble deberían ser evitadas excepto en caso de necesidades operacionales apremiantes.

Rangos estimados en yardas para LEP y NPS dados para sonar

NPS (dB)	LEP (min.)	BSY-1 SQS-53C	BQQ-5 BSY-2 SQS-26CX(U) SQS-53A, SQS-53B SQS-56(U)	SQS-23 SQS-26AX SQS-26BX, SQS26CX SQS-56
193	13	2239	1585	501
182	15	2512	1778	562
181	18	2818	1995	631
180	21	3162	2239	708
179	25	3548	2512	794
178	30	3981	2818	891
177	36	4467	3162	1000
176	42	5012	3548	1122
175	50	5623	3981	1259
174	60	6310	4467	1413
173	71	7079	5012	1585
172	85	7943	5623	1778
171	101	8913	6310	1995
170	120	10000	7079	2239
169	143	11220	7943	2512
168	170	12589	8913	2818
167	202	14125	10000	3162
166	240	15849	11220	3548
165	285	17783	12589	3981
164	339	19953	14125	4467
163	404	22387	15849	5012
162	480	25119	17783	5623
161	571	28184	19953	6310
160	679	31623	22387	7079
159	807	35481	25119	7943
158	960	39811	28184	8913

EVITE ESTA EXPOSICION

Todos los rangos y NPS son nominales.

*El NPS es medido en dB/1 µPa en el lugar de buceo. Para convertir NPS para niveles de sonido referenciados a mbar, reste 100 dB de los niveles de las tablas.

(U) = Actualización

Tabla 1A-6. Límites de Exposición Permisibles (LEP) Dentro de un Período de 24 horas para Exposiciones a sonares AN/SQQ-14, -30, -32.

Rangos estimados en yardas para LEP y NPS dados para sonar

TRAJE HUMEDO SIN CAPUCHA		
NPS (dB)	LEP (min.)	Rango (yardas)
200	120	13
199	143	14
198	170	16
197	202	18
196	240	20
195	285	22
194	339	25
193	404	28
192	480	32
191	571	35
190	679	40
189	807	45
188	960	50
TRAJE HUMEDO CON CAPUCHA		
NPS (dB)	LEP (min.)	Rango (yardas)
215	120	2
214	143	3
213	170	3
212	202	3
211	240	4
210	285	4
209	339	4
208	404	5
207	480	6
206	571	6
205	679	7
204	807	8
203	960	9

Buzos con traje seco y casco: no hay restricciones para estos sonares. Todos los rangos y NPS son nominales.

*El NPS es medido en dB/1 µPA en el lugar de buceo. Para convertir NPS para niveles de sonido referenciados a mbar, reste 100 dB de los niveles de las tablas.

1A-5 GUIA PARA EXPOSICIÓN DE BUZOS A SONARES DE BAJA FRECUENCIA (160-320 Hz)

Si es posible, debería evitar bucear en cercanías de sonares de baja frecuencia (SBF). Este tipo de sonar genera un pulso de sonido denso y de alta energía que puede ser dañino en altos niveles de fuerza. Debido a la variedad de sensaciones que pueden resultar de la exposición a SBF, es necesario informar a los buzos cuando la exposición es probable y notificarles de los posibles efectos; específicamente, que pueden esperar oírlo y sentirlo. Las sensaciones pueden incluir vértigo o mareo poco severo, temblor de piel, sensaciones vibratorias en la garganta y llenura abdominal. Los buzos también deberían estar informados que es probable que la comunicación por voz sea afectada por el sonido subacuático, hasta el punto que pudieran llegar a ser necesarios jalones de línea u otra forma de comunicación. Es menos probable que sucedan las molestias y los efectos en la comunicación cuando los buzos están equipados con casco (MK 21). Para guías de distancia segura contacte los números telefónicos de NAVSEA (00C3) que están listados en Volumen 1, Apéndice C.

1A-6 GUIA PARA EXPOSICIÓN DE BUZOS A SONARES ULTRASONICOS (250 Hz Y MAYORES)

Las frecuencias usadas en sonares ultrasónicos están por encima del umbral de la audición humana. El efecto primario del sonar ultrasónico es el calentamiento. Debido a que la fuerza del sonar ultrasónico cae rápidamente con la distancia, una distancia segura de operación es 10 yardas o más. Las operaciones de buceo pueden realizarse alrededor de este tipo de sonar con tal que el buzo no esté dentro del haz de enfoque del sonar. El buzo puede tocar con el dedo momentáneamente, la cabeza del transductor para verificar su operación, siempre que se aproxime al sonar por un lado.

Página en blanco intencionalmente

APÉNDICE 1B

Referencias

Referencias	Asunto
Diario Médico Británico, 1947, 1:667-672, 712-717	Capítulo 18: "Envenenamiento por Oxígeno en el Hombre"
BUMEDINST 6320.38	Uso Clínico de Cámaras de Recompresión para Enfermedades que no son de Buceo: Políticas para el
Manual del Departamento Médico, Artículo 15-66	Evaluaciones Médicas
MILPERSMAN Artículo 1410380	Manual del Personal Militar
Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio	Requerimientos de Flamaabilidad, Olor y Gasificación, y Procedimientos de Prueba para Materiales en Ambientes que Soporan la Combustión
Comité Nacional del Consejo de Investigación	Emergencia Toxicológica y Límites de Exposición Continua para Contaminantes Aéreos Seleccionados, Volumen 1-8
Unidad de Buceo Experimental Naval, Reporte NEDU 1-47	Síntomas de Envenenamiento por Oxígeno y Límites de Tolerancia en Descanso y Trabajo
Unidad de Buceo Experimental Naval, Reporte NEDU 11-54	Buceando con Equipos Autónomos para Respiración Bajo el Agua
Unidad de Buceo Experimental Naval, Reporte NEDU 11-75	Evaluación del Scuba con Oxígeno Puro Dräger LAR V
Unidad de Buceo Experimental Naval, Reporte NEDU 5-79	Evaluación del Respirador de Oxígeno con Circuito Cerrado Modificado Dräger LAR V
Unidad de Buceo Experimental Naval, Reporte NEDU 10-80 Revisado 1982 (ADA 094 132)	Límites de Pérdida de Calor Respiratorio en el Buceo de Saturación con Helio y Oxígeno
Unidad de Buceo Experimental Naval, Reporte NEDU 13-83	Procedimiento para Hacer Buceo a Niveles Múltiples con Aire Usando Grupos Repetitivos
Unidad de Buceo Experimental Naval, Reporte NEDU 5-84	Procedimientos de Purga para el UBA Dräger LAR V
Unidad de Buceo Experimental Naval, Reporte NEDU 11-84	Intoxicación por Oxígeno del SNC en Buzos Scuba con Circuito Cerrado
Unidad de Buceo Experimental Naval, Reporte NEDU 3-85	Intoxicación por Oxígeno del SNC en Buzos Scuba con Circuito Cerrado II
Unidad de Buceo Experimental Naval, Reporte NEDU 5-86	Intoxicación por Oxígeno del SNC en Buzos Scuba con Circuito Cerrado III
Unidad de Buceo Experimental Naval, Reporte NEDU 6-86	Procedimientos de Purga Bajo el Agua para el UBA Dräger LAR V
Instituto de Investigación Médica Naval (NMRI) Reporte 89-94	Carga de Carbohidratos
NAVEDTRA 10669-C	Personal del Hospital 3 & 2
NAVFAC P-990	Inspección Convencional y Técnicas de Reparación UCT
NAVFAC P-991	Expedientes de Técnicas de Reparación Bajo el Agua
NAVFAC P-992	Manual de Operaciones Articas UCT
NAVMEDCOMINST 6200.15	Suspensión del Buceo Durante el Embarazo
NAVMED P-5010	Manual de Medicina Preventiva Naval
NAVSEA 10560 ltr, Ser 00C35/3215 22 Abr 96	Duración de las Canastillas de los UBA

NAVSEA/00C ANU, www.navsea.navy.mil/sea00c/doc/anu_disc.html	Autorizado para el Uso de la Marina
NAVSEA (SS521-AA-MAN-010)	Manual de Certificación de Seguridad para Sistemas Hiperbáricos Tripulados y Sistemas de Buceo de la Marina de E. U.
NAVSEA (SS521-AB-HBK-010)	Continuación del Libro de Certificación para Sistemas de Buceo de la Marina de E. U.
NAVSEA OD-45845	Lista de Requerimientos de Meteorología
NAVSEAINST 4734.1A	Programa de Calibración y Meteorología (METCAL)
NAVSEAINST 10560.3	Alteraciones de Buceo en Sistemas de Soporte de Vida para los Buzos (DLSS)
NAVSEA Proceso (NAVSEA-00C3-PI-001)	Proceso de Pintado de Cámara de Recompresión
NAVSEA Manual Técnico (S0600-AA-PRO-010)	Manual de Reparación de Barcos a Flote
NAVSEA Manual Técnico (0994-LP-007-8010) Volumen 1, (0994-LP-007-8020) Volumen 2	Manual de Técnicas de Trabajo Bajo el Agua de la Marina de E. U.
NAVSEA Manual Técnico (SS500-HK-MMO-010)	Operación y Mantenimiento del Sistema de Ligero de Buceo MK 3 MOD 0
NAVSEA Manual Técnico (SS500-AW-MMM-010)	Operación y Mantenimiento del Sistema de Cámara de Recompresión Portátil MK 6 MOD 0
NAVSEA Manual Técnico (SS600-AH-MMA-010)	Operación y mantenimiento del MK 16
NAVSEA Manual Técnico (SS600-AK-MMO-010)	Operación y Mantenimiento del UBA MK 20
NAVSEA Manual Técnico (S6560-AG-OMP-010)	Operación y Mantenimiento del UBA MK 21
NAVSEA Manual Técnico (SS600-AJ-MMO-010)	Operación y Mantenimiento del UBA MK 25 MOD 0
NAVSEA Manual Técnico (SS600-A2-MMO-010)	Operación y Mantenimiento del UBA MK 25 MOD 1
NAVSEA Manual Técnico (SS600-A3-MMO-010)	Operación y Mantenimiento del UBA MK 25 MOD 2
NAVSEA Manual Técnico (0910-LP-730-1600)	Operación y Mantenimiento del Sistema de Buceo Transportado por Aire (FADS) III
NAVSEA Manual Técnico (SS9592-B1-MMO-010)	Operación y Mantenimiento del Sistema de Mezcla de Gases (FMGS) del Sistema de Buceo Transportado por Aire (FADS) III
NAVSEA Manual Técnico (S9592-AN-MMO-010)	Operación y Mantenimiento del Sistema de Respiración de Emergencia I
NAVSEA Manual Técnico (SS600-AL-MMA-010)	Operación y Mantenimiento del Sistema de Respiración de Emergencia II
NAVSEA Manual Técnico (0938-LP-011-4010)	Manual de Control de la Atmósfera de un Submarino Nuclear
Comando del Sistema Marino Naval (0994-LP-003-7010)	Manual de Buceo con Gas de la Marina de E. U.
Manual Técnico de Barcos Navales (NSTM) (0901-LP-230-002/CH0550)	Generación, Manejo y Almacenaje de Gases Industriales
Manual Técnico de Barcos Navales (NSTM) Capítulo 550 (0901-LP-230-0002)	Manejo de Gases Comprimidos
Manual Técnico de Barcos Navales (NSTM) Capítulo 74/Vol. 3 (0901-LP920-0003)	Procesos de Aleación y SOLDADURA
Manual Técnico de Barcos Navales (NTSM) (0910-LP-001-5000)	Ingeniería Libre de Gases (con Base en la Costa)
NAVSEA Instrucciones de Operación y Mantenimiento (0910-LP-001-6300)	Consola/Filtro del Sistema de Buceo Transportado por Aire
NAVSEA Instrucciones de Operación y Mantenimiento (0910-LP-001-1500)	Compresor Operado por Máquina Diesel del Sistema de Buceo Transportado por Aire, Unidad EX 32 MOD 0, PN 5020559
Manual Técnico del Centro de Seguridad Naval	Guía para Climas Extremadamente Fríos
NSTM 59086 H7-STM-000, Capítulo 262	Sistemas de Lubricación, Lubricantes Especiales, Aceites Lubricantes y Grasas
NAVSEA Manual Técnico (S0300-A5-MAN-010)	Manual de Operaciones Polares
Manual Técnico de la Oficina de Investigación Naval	Guía para Buceo Polar
PEO MINEWAR Manual Técnico (SS600-AL-MMA-010)	Operación y Mantenimiento del Sistema de Respiración de Emergencia III

ASTM G-88-90	Guía Estándar para Diseño de Sistemas para Servicio con Oxígeno
ASTM G-63-92	Guía Estándar para la Evaluación de Materiales No Metálicos para Servicio con Oxígeno
ASTM G-94-92	Guía Estándar para la Evaluación de Metales para Servicio con Oxígeno
NAVSUPINST 5101.6, PG7-13	Requisición de Materiales por Producto Radiactivo
FED ESPECBBA-1034 B	Estándar de Aire Comprimido para Respiración de los Buzos
FED ESPEC BB-N-411C	Estándar de Nitrógeno Comprimido
MIL-D 16791	Detergentes, Uso General (Líquido, No- Iónico)
MIL-O-27210F	Oxígeno; Líquido y Gaseoso, para Respiración de Aviadores
MIL-P-27407A	Helio como Agente Propelente para Presurización, Tipo I Gaseoso Grado B
MILSTD 1330	Limpieza y Prueba de Tuberías de Gas Nitrógeno y Oxígeno A Bordo de Barcos
MILSTD 438	Cédula de Tuberías, Válvulas, Conexiones y Componentes de Tuberías Asociadas para Servicio Submarino
MILSTD 777	Cédula de Tuberías, Válvulas, Conexiones y Componentes de Tuberías Asociadas para Servicio Submarino para Embarcaciones Navales
OPNAVINST 3120.32C CH-1	Etiquetado de Equipos
OPNAVINST 3150.27A	Programa de Buceo de la Marina
OPNAVINST 5100.19C, Apéndice A-6	Manual del Programa de Salud y Seguridad Laboral de la Marina (NAVOSH) A Bordo
OPNAVINST 5100.23	Manual del Programa de Salud y Seguridad Laboral de la Marina (NAVOSH) A Bordo
OPNAVINST 5102.1C CH-1	Investigación y Reportes de Errores
OPNAVINST 8023.2C CH-1	Procedimientos, Requerimientos y Políticas en Seguridad de Explosivos de la Marina de E. U. (Manual de Políticas en Seguridad de Explosivos del Departamento de la Marina)
OSHA 29 CFR Parte 1910 Subparte T, PG 6-36	Operaciones de Buceo Comercial
MIL-L-17331	Lubricantes (2190 TEP)
MIL-H-17672	Lubricantes (2135 TH)
ANSI-B57.1 y CSA-B96	Conexiones de las Válvulas de Entrada y Salida de Gas Comprimido con Estándares Americanos y Canadienses
Z48.1	Método Estándar Americano Nacional de Marcación de Contenedores Portátiles de Gas Comprimido para Identificar el Material Contenido
CGA Panfleto C-7	Guía para la Preparación de Marcas y Etiquetas Precautorias de Cilindros de Gas Comprimido
FPO 5-78	Diseño e Instalación de Sistemas de Protección de Cables Oceánicos Cercanos a la Costa
SECNAVINST 12000.2	Buzos Civiles en la Marina
Comité de Terapia de Oxigenación Hiperbárica (HBO ₂) de la Sociedad Médica Hiperbárica y Submarina. Reporte-1996	Indicaciones Aprobadas para la Terapia de Oxigenación Hiperbárica
NAVSEA Manual Técnico (S9592-AY-MMO-020)	Cámara de Recompresión Transportada por Aire MK 5 MOD 0 (FARCC)

Página en blanco intencionalmente

APÉNDICE 1C

Números Telefónicos

Mando	Departamento	Teléfono	Fax
Estación del Sistema Coastal	Muestreo de Aire	DSN 436-4482	(850) 234-4482
COMNAVSEASYS COM (Código 00C3)		(703) 607-2766 DSN 327-2766	(703) 607-2757
MED-21		(202) 762-3444	
Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA)	HAZMAT	(206) 526-6317	(206) 526-6329
Instalaciones del Comando de Ingeniería Naval Código 00CE		(202) 433-8770	
Código del Comando del Sistema Naval Oceánico		DSN 327-XXXX	(703) 607-2757 DSN 327-2757
00C	Director	(703) 607-2753	
00C1	Finanzas	(703) 607-2762	
00C2	Salvamento	(703) 607-2758	
00C3	Buceo	(703) 607-2766	
00C4	Certificación	(703) 607-1570	
00C5	Reparación a Flote	(703) 607-2761	
Comando del Sistema Naval Oceánico Código 92Q		(703) 602-0141	
NAVFAC 00CE		Comm: (202) 433-8599 DSN: 288-8599	
NAVFAC Código 00CE	Certificaciones Adquisiciones	(202) 433-8766 (202) 433-5280	
NAVFAC Programa de Instalaciones Oceánicas		(703) 325-0505 DSN: 436-4651	
Centro de Entrenamiento de Buceo y Salvamento (NDSTC)		Comm: (850) 234-4651 DSN: 436-4651	
NCSC, Código 5110		DSN: 436-5414	
Unidad de Buceo Experimental Naval		Comm: (850) 230-3100 ó (850) 235-1668 DSN: 436-4351	

Página en blanco intencionalmente

A P E N D I C E 1D
Lista de Acrónimos

ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene Acrilonitrilo Butadieno Estireno
ACF	Actual Cubic Feet Pies Cúbicos Reales
ACFM	Actual Cubic Feet per Minute Pies Cúbicos Reales por Minuto
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists Conferencia Americana de Industrias Higiénicas Gubernamentales
ACLS	Advanced Cardiac Life Support Soporte Avanzado de Vida Cardiaca
ADS	Advance Diving System Sistema de Buceo Avanzado
AGE	Arterial Gas Embolism Embolismo Gaseoso Arterial
ALSS	Auxiliary Life-Support System Sistema Auxiliar de Soporte de Vida
AM	Amplitude Modulated Amplitud Modulada
ANU	Authorized for Navy Use List Autorizado para su Uso por la Marina
AQD	Additional Qualification Designator Designador Adicional de Calificación
ARD	Audible Recall Device Dispositivo Llamador Auditivo
ARS	Auxiliary Rescue/Salvage Ship Barco de Salvamento / Rescate Auxiliar
AS	Submarine Tender Submarino Tender

ASDS	Advanced Seal Delivery System Sistema Avanzado de Despliegue Seal
ASRA	Air Supply Rack Assembly Banco Ensamblado de Suministro de Aire
ASME	American Society of Mechanical Engineers Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
ASU	Air Support Unit Unidad de Soporte de Aire
ATA	Atmosphere Absolute Atmósfera Absoluta
ATP	Ambient Temperature and Pressure Presión y Temperatura Ambiente
ATS	Active Thermal System Sistema Térmico Activo
BC	Buoyancy Compensator Compensador de Flotabilidad
BCLS	Basic Cardiac Life Support Soporte Básico de Vida Cardiaca
BIBS	Built-In Breathing System Sistema Incorporado de Respiración
BPM	Breaths per Minute Respiraciones por Minuto
BTPS	Body Temperature, Ambient Pressure Temperatura Corporal, Presión Ambiental
BTU	British Thermal Unit Unidades Térmicas Inglesas
CDO	Command Duty Officer Obligaciones del Oficial al Mando
CDU	Consolidated Diving Unit Unidad de Buceo Consolidada

CCTV	Closed-Circuit Television Círculo Cerrado de Televisión
CGA	Compressed Gas Association Asociación de Gases Comprimidos
CNO	Chief of Naval Operations Jefe de Operaciones Navales
CNS	Central Nervous System Sistema Nervioso Central
CONUS	Continental United States Estados Unidos Continentales
COSAL	Coordinated Shipboard Allowance List Lista de Barcos Coordinados
CPR	Cardiopulmonary Resuscitation Resucitación Cardiopulmonar
CRS	Chamber Reducing Station Estación de Cámaras
CSMD	Combat Swimmer Multilevel Dive Buceo a Diferentes Niveles por los Nadadores de Combate
CSS	Coastal System Station Estación de Sistemas Costeros
CUMA	Canadian Underwater Minecountermeasures Apparatus Aparatos Subacuáticos Canadienses Contra Minas
CWDS	Contaminated Water Diving System Sistema de Buceo en Agua Contaminadas
CWPDS	Chemical Warfare Protective Dry Suit Traje Seco Protector de Armas Químicas
DATPS	Divers Active Thermal Protection System Sistema de Protección Térmica Activa para Buzos
DC	Duty Cycle Ciclo de Trabajo

DCIEM	Defense & Civil Institute of Environmental Medicine Instituto Civil y de Defensa de Medicina Ambiental
DCS	Decompression Sickness Enfermedades de Descompresión
DDC	Deck Decompression Chamber Cámara de Descompresión en Cubierta
DDS	Deep Diving System Sistema de Buceo Profundo
DDS	Dry Deck Shelter Refugios de Cubierta Seca
DHMLS	Divers Helmet Mounted Lighting System Sistema de Iluminación Montado en el Casco de Buceo
DLSE	Diving Life-Support Equipment Equipo de Buceo para Soporte de Vida
DLSS	Divers Life Support System Sistema de Soporte de Vida de los Buzos
DMO	Diving Medical Officer Oficial Médico de Buceo
DMS	Dive Monitoring System Sistema de Monitoreo de Buceo
DMT	Diving Medical Technician Técnico Médico de Buceo
DOT	Department of Transportation Departamento de Transporte
DRS	Dive Reporting System Sistema de Reporte de Buceo
DSI	Diving Systems International Diving Systems Internacional
DSM	Diving System Module Modulo de Sistemas de Buceo

DSRG	Deep Submergence Review Group Grupo de Revisión de Inmersión Profunda
DSRV	Deep Submergence Rescue Vehicle Vehículo de Rescate de Inmersión Profunda
DSSP	Deep Submergence System Project Proyecto de Sistemas de Inmersión Profunda
DT	Dive Time <i>or</i> Descent Time Tiempo de Buceo <i>o</i> Tiempo de Descenso
DT / DG	Dive Timer/Depth Gauge Cronómetro de Buceo / Profundímetro
DTC	Definitive Treatment Chamber Cámara de Tratamiento Definitivo
DUCTS	Divers Underwater Color Television System Sistema Submarino de Televisión a Color para Buzos
DV	Diver Buzo
DVPS	Diver Propulsion Vehicles Vehículos de Propulsión para Buzos
EAD	Equivalent Air Depth Profundidad Equivalente de Aire
EBA	Emergency Breathing Apparatus Aparato de Respiración de Emergencia
EBS I	Emergency Breathing System I Sistema de Respiración de Emergencia I
EBS II	Emergency Breathing System II Sistema de Respiración de Emergencia II
EDF	Experimental Diving Facility Instalaciones de Buceo Experimental
EDU	Experimental Diving Unit (Canadian) Unidad de Buceo Experimental (Canadiense)

EDWS	Enhanced Diver Warning System Sistema Ampliado de Aviso para Buzos
EEC	Emergency Evacuation Chamber Cámara de Evacuación de Emergencia
EGS	Emergency Gas Supply Suministro de Gas de Emergencia
ENT	Ear, Nose, and Throat Oído, Nariz y Garganta
EOD	Explosive Ordnance Disposal Disposición de Materiales Explosivos
EP	Emergency Procedures Procedimientos de Emergencia
ESDS	Enclosed Space Diving System Sistema de Buceo para Espacios Cerrados
ESSM	Emergency Ship Salvage Material Material de Salvamento de Barcos de Emergencia
FADS I	Flyaway Air Dive System I Sistema de Buceo Transportado por Aire I
FADS II	Flyaway Air Dive System II Sistema de Buceo Transportado por Aire II
FADS III	Flyaway Dir Dive System III Sistema de Buceo Transportado por Aire III
FAIR	Failure Analysis or Inadequacy Report Reporte de Inadecuación o Análisis de Falla
FAR	Failure Analysis Report Reporte de Análisis de Falla
FARCC	Flyaway Recompression Chamber Cámara de Recompresión Transportada por Aire
FED SPEC	Federal Specifications Especificaciones Federales

FFM	Full Face Mask Máscara de Cara Completa
FFW	Feet of Fresh Water Pies de Agua Dulce
FMGS	Flyaway Mixed-Gas System Sistema de Mezcla de Gases Transportado por Aire
FPM	Feet per Minute Pies Por Minuto
FSW	Feet of Sea Water Pies de Agua de Mar
FV	Floodable Volume Volumen Inundable
GFI	Ground Fault Interrupter Interruptor de Falla a Tierra
GPM	Gallons per Minute Galones Por Minuto
HBO ₂	Hyperbaric Oxygen Oxígeno Hiperbárico
HCU	Harbor Clearance Unit Unidad de Limpieza de Puertos
HeO ₂	Helium-Oxygen Helio-Oxígeno
HORSA	Helium-Oxygen Supply Rack Assembly Banco Ensamblado para Suministro de Helio-Oxígeno
HP	High Pressure Alta Presión
HPNS	High Pressure Nervous Syndrome Síndrome Nervios de Alta Presión
HSU	Helium Speech Unscrambler Traductor de Habla con Helio

ICCP	Impressed-Current Cathodic Protection Protección Catódica de Corriente Impresa
IDV	Integrated Divers Vest Traje Integrado de Buceo
IL	Inner Lock Compartimiento Interno
ILS	Integrated Logistics Support Apoyo Logístico Integrado
ISIC	Immediate Senior in Command Jefe Inmediato al Mando
IUSS	Submarine Integrated Undersea Surveillance System Sistema de Vigilancia Subacuática Integrado en Submarino
JAG	Judge Advocate General Auditor General del Consejo Militar
J / L	Joules per Liter, Unit of Measure for Work of Breathing Joules por Litro, Unidad de Medida para Trabajo de Respiración
Kwh	Kilowatt Hour Kilowatt Hora
LARU	Lambertsen Amphibious Respiratory Unit Unidad Respiratoria Anfibia Lambertsen
LAR V	Draeger Lung Automatic Regenerator Pulmón Regenerador Automático Dräger
LB	Left Bottom Deja Fondo
LCM	Landing Craft Nave para Aterrizaje
LFA	Low Frequency Acoustic Acústico de Baja Frecuencia
LFS	Low Frequency Sonar Sonar de baja Frecuencia

LP	Low Pressure Baja Presión
LPM	Liters per Minute Litros Por Minuto
LS	Left Surface Deja Superficie
LSS	Life Support System <i>or</i> Life Support Skid Sistema de Soporte de Vida <i>o</i> Skid de Soporte de Vida
LWDS	Light Weight Diving System Sistema de Buceo Ligero
MBC	Maximal Breathing Capacity Capacidad Respiratoria Máxima
MCC	Main Control Console Consola de Control Principal
MDSU	Mobile Diving and Salvage Unit Unidad Móvil de Buceo y Salvamento
MDV	Master Diver Buzo en Jefe
MEFR	Maximum Expiratory Flow Rate Proporción de Flujo Espiratorio Máximo
MEV	Manual Exhaust Valve Válvula Manual de Escape
MFP	Minimum Flask Pressure Mínima Presión del Cilindro
MGCCA	Mixed-Gas Control Console Assembly Consola de Control Ensamblada para Mezcla de Gases
MIFR	Maximum Inspiratory Flow Rate Proporción de Flujo Inspiratorio Máximo
MILSTD	Military Standards Estándares Militares

MMP	Minimum Manifold Pressure Mínima Presión del Manifold
MP	Medium Pressure Presión Media
MRC	Maintenance Requirement Card Tarjeta de Requerimiento de Mantenimiento
MSW	Meters of Sea Water Metros de Agua de Mar
MVV	Maximum Ventilatory Volume Volumen Ventilatorio Máximo
NAVEDTRA	Naval Education Training Entrenamiento de Educación Naval
NAVFAC	Naval Facilities Engineer Command Comando de Ingenieros de Instalaciones Navales
NAVMED	Naval Medical Command Comando Médico Naval
NAVSEA	Naval Sea Systems Command Comando del Sistema Marino Naval
ND	Noise Dose Dosis de Ruido
NDSTC	Naval Diving and Salvage Training Center Centro de Entrenamiento de Buceo y Salvamento Naval
NEC	Navy Enlisted Classification Clasificación Enlistada de la Marina
NEDU	Navy Experimental Diving Unit Unidad de Buceo Experimental de la Marina
NEURO	Neurological Examination Examinación Neurológica
NID	Non-Ionic Detergent Detergente No Iónico

NITROX	Nitrogen-Oxygen Nitrógeno-Oxígeno
NMRI	Navy Medical Research Institute Instituto de Investigación Médica Naval
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
NO-D	No Decompression No Descompresión
NPC	Naval Personnel Command Comando de Personal Naval
NRV	Non Return Valve Válvula de No Retorno
NSMRL	Navy Submarine Medical Research Laboratory Laboratorio de Investigación Médica Submarina de la Marina
NSN	National Stock Number Número de Almacén Nacional
NSTM	Naval Ships Technical Manual <i>or</i> NAVSEA Technical Manual Manual Técnico de Buques Navales <i>o</i> Manual Técnico NAVSEA
O&M	Operating and Maintenance Operación y Mantenimiento
OBP	Over Bottom Pressure Presión Sobre el Fondo
OCEI	Ocean Construction Equipment Inventory Inventario de Equipo de Construcción Oceánica
OIC	Officer in Charge Oficial a Cargo
OJT	On the Job Training Entrenamiento en el Trabajo
OL	Outer Lock Compartimiento Externo

OOD	Officer of the Deck Oficial de Cubierta
OP	Officer of the Deck Procedimientos de Operación
OSF	Ocean Simulation Facility Instalaciones de Simulación Oceánica
OSHA	Occupational Safety and Health Administration Administración de Seguridad y Salud Laboral
P&O ₂	Pressure and Oxygen Presión y Oxígeno
PEL	Permissible Exposure Limit Limites de Exposición Permisibles
PMS	Planned Maintenance System Sistema de Mantenimiento Planeado
PNS	Peripheral Nervous System Sistema Nervioso Periférico
PP	Partial Pressure Presión Parcial
PPCO ₂	Partial Pressure Carbon Dioxide Presión Parcial de Bióxido de Carbono
PPM	Parts per Million Partes Por Millón
PPO ₂	Partial Pressure Oxygen Presión Parcial de Oxígeno
PRC	Portable Recompression Chamber Cámara de Recompresión Portátil
PSI	Pounds per Square Inch Libras por Pulgada Cuadrada
PSIA	Pounds per Square Inch Absolute Libras Absolutas por Pulgada Cuadrada

PSIG	Pounds per Square Inch Gauge Libras Manométricas por Pulgada Cuadrada
PSOB	Pre-Survey Outline Booklet Libro de Pre-Inspecciones Marcadas
PTC	Personnel Transfer Capsule Cápsula de Transferencia de Personal
PTS	Passive Thermal System Sistema Térmico Pasivo
QA	Quality Assurance Aseguramiento de Calidad
RB	Reached Bottom Llega al Fondo
RCC	Recompression Chamber Cámara de Recompresión
REC	Re-Entry Control Control de Re-Entrada
RMV	Respiratory Minute Ventilation Ventilación Respiratoria Minuto
RNT	Residual Nitrogen Time Tiempo de Nitrógeno Residual
ROV	Remotely Operated Vehicles Vehículos Operados a Control Remoto
RPM	Revolutions Per Minute Revoluciones Por Minuto
RQ	Respiratory Quotient Cociente Respiratorio
RS	Reached Surface Llega a Superficie
RSP	Render Safe Procedure Procedimiento de Entrega Segura

SAD	Safe Ascent Depth Profundidad de Ascenso Seguro
SCA	System Certification Authority Autoridad de Certificación de Sistema
SCF	Standard Cubic Feet Pies Cúbicos Estándar
SCFM	Standard Cubic Feet per Minute Pies Cúbicos Estándar por Minuto
SCFR	Standard Cubic Feet Required Pies Cúbicos Estándar Requeridos
SCSC'S	System Certification Cards Tarjetas de Certificación de Sistema
SCUBA	Self Contained Underwater Breathing Apparatus Aparato Autónomo para Respiración Bajo el Agua
SDASS	Special Divers Air Support System Sistema de Soporte de Aire para Buzos Especiales
SDC	Submersible Decompression Chamber Cámara de Descompresión Sumergible
SDRW	Sonar Dome Rubber Window Ventana del Domo de Hule del Sonar
SDS	Saturation Diving System Sistema de Buceo de Saturación
SDV	Seal Delivery System Vehículo de Despliegue SEAL
SEAL	Sea, Air, and Land Equipo Especial de Guerra en Mar, Aire y Tierra
SET	Surface Equivalent Table Tabla Equivalente en Superficie
SEV	Surface Equivalent (percent or pressure) Equivalente en Superficie (presión o porcentaje)

SI	Surface Interval <i>or</i> System International Intervalo de superficie <i>o</i> Sistema Internacional
SITRR	Submarine IUSS Training Requirements Review Revisión de Requerimientos de Entrenamiento de submarinos IUSS
SLM	Standard Liters per Minute (short version used in formulas) Litros Estándar por Minuto (versión corta usada en fórmulas)
SLPM	Standard Liters per Minute Litros Estándar por Minuto
SNDB	Standard Navy Dive Boat Bote de Buceo Estándar de la Marina
SOC	Scope of Certifications Alcance de Certificaciones
SPCC	Strength Power Communication Cable Cable de Comunicación, Energía y Fuerza
SPL	Sound Pressure Level Nivel de Presión de Sonido
SRDRS	Submarine Diving and Recompression System Sistema Submarino de Recompresión y Buceo
SRC	Submarine Rescue Chamber Cámara de Rescate Submarino
SSB	Single Side Band Banda Lateral
SSDS	Surface Supplied Diving System Sistema de Buceo Suministrado desde Superficie
STEL	Safe Thermal Exposure Limits Límites Seguros de Exposición Térmica
STP	Standard Temperature and Pressure Presión y Temperatura Estándar
STPD	Standard Temperature and Pressure, Dry Gas Presión y Temperatura Estándar, Gas Seco

SUR D	Surface Decompression Descompresión en Superficie
SUR D AIR	Surface Decompression Using Air Descompresión en Superficie Usando Aire
SUR D O ₂	Surface Decompression Using Oxygen Descompresión en Superficie Usando Oxígeno
T-ATF	Fleet Ocean Tug Flota Oceánica de Remolcadores
TBT	Total Bottom Time Tiempo de Fondo Total
TDCS	Tethered Diver Communication System Sistema de Comunicación de Buzo con Umbilical
TDT	Total Decompression Time Tiempo Total de Descompresión
TL	Transfer Lock Compartimiento de Transferencia
TLC	Total Lung Capacity Capacidad Pulmonar Total
TLD	Thermal Luminescence Dosimeter Dosímetro Térmico Luminiscente
TLV	Threshold Limit Values Valor Límite Máximo
TM	Technical Manual Manual Técnico
TMDER	Technical Manual Deficiency Evaluation Report Reporte de Evaluación/Deficiencia de Manual Técnico
TRC	Transportable Recompression Chamber Cámara de Recompresión Portátil
TRCS	Transportable Recompression Chamber System Sistema de Cámara de Recompresión Portátil

TTD	Total Time of Dive Tiempo Total de Buceo
UBA	Underwater Breathing Apparatus Aparato para Respiración Subacuática
UCT	Underwater Construction Team Equipo de Construcción Subacuática
UDM	Underwater Decompression Monitor Monitor de Descompresión Subacuática
UDT	Underwater Demolition Team Equipo de Demolición Subacuática
UQC	Underwater Mobile Sound Communications Comunicación Sonora Móvil Subacuática
UWSH	Under Water Ship Husbandry Reparaciones de Barcos a Flote
VENTIDC	Vision, Ear, Nausea, Twitching, Irritability, Dizziness, Convulsions Visión, Oído, Nausea, Temblor, Irritabilidad, Mareo, Convulsiones
VTA	Volume Tank Assembly Tanque de Volumen Ensamblado
VVDS	Variable Volume Dry Suit Traje Seco de Volumen Variable
WOB	Work of Breathing Trabajo de Respiración

SS521-AG-PRO-010

0910-LP-106-0957

REVISION 6

Manual de Buceo de la Marina de E. U.



Volumen 1	Principios y Políticas del Buceo
Volumen 2	Operaciones de Buceo con Aire
Volumen 3	Operaciones de Buceo con Mezcla de Gases Suministrada desde Superficie
Volumen 4	Operaciones de Buceo con Circuito Semi- Cerrado y Circuito Cerrado
Volumen 5	Medicina del Buceo y Operación de Cámaras de Recompresión

DECLARACION DE DISTRIBUCION: ESTE DOCUMENTO HA SIDO APROBADO PARA SU DISTRIBUCIÓN Y VENTA PUBLICA; ESTA DISTRIBUCIÓN ES ILIMITADA.

SUSTITUYE A SS521-AG-PRO-010, REVISION 5, Fechado el 15 de Agosto de 2005.

PUBLICADO POR DIRECCIÓN DEL COMANDANTE, COMANDO DE SISTEMAS MARINOS NAVALES

15 de ABRIL de 2008

Prefacio

Departamento de la Marina
Comando de Sistemas Marinos Navales
14 de Abril de 2008

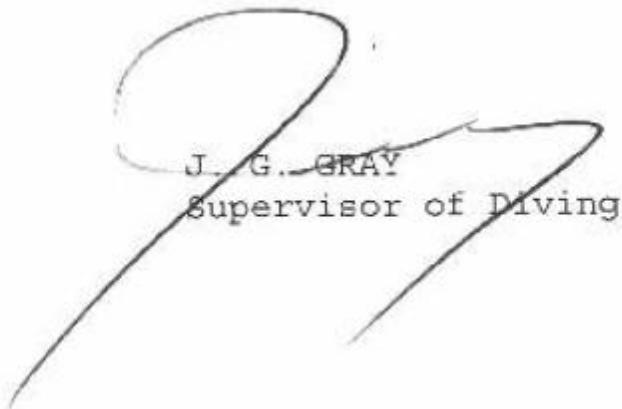
La Revisión Seis del manual de Buceo de la Marina de E.U. representa el mayor cambio a los procedimientos de buceo desde 1956. El manual debe revisarse completamente, pero por favor ponga particular atención a los Capítulos 9, 14, 17, 18, 20 y 21.

Nos gustaría agradecer a la Flota. Recibimos el aporte inteligente y comprensivo de múltiples Comandos que estaban listos a abrazar el cambio. La Flota merece una gran cantidad de crédito. Aquí en NAVSEA, el consejo de mis maestros, MDV Pratschner, MDV Boyd, y MDV Orns, representando más de 75 años de experiencia, fue vital para nuestra transición. Mis compañeros de equipo Don Fegley y John Gillispie, quienes hicieron desaparecer los problemas técnicos, nos mantuvieron en el programa. Mi amigo, Lt Jim Pearson, de la Royal Navy, nos dio la perspectiva necesaria para lograr nuestras metas. La inteligencia pura de mis mentores, Dr. Bob Whaley y el Capt. John Murray, garantizaron el rigor académico.

Lejos de casa, la NEDU y la Escuela de Buceo jugaron los papeles esenciales en la redacción y configuración de esta revisión. Me gustaría agradecer a mis amigos, Capt. Steve Reimers, Capt. Randy Getman y CDR Chris Moore, por su apoyo.

Más que cualquier otro, esta revisión es el triunfo de 40 años de dedicación leal a nuestro país por el Dr. Ed Flynn.

El trabajo sobre la Revisión Siete inició hoy. La Revisión Siete cambiará completamente el formato del Manual de Buceo, eliminando duplicaciones e inconsistencias. Sobre todo, será organizado a fin de que todos los requerimientos sean encontrados en el primer capítulo.



J. G. GRAY
Supervisor of Diving

Prologo

Departamento de la Marina
Comando de Sistemas Marinos Navales
15 de Junio de 2008

Desde los pasados 1950's el Manual de Buceo de la Marina de E.U. sirvió como el estándar internacionalmente reconocido para la exposición permisible mientras se respira aire comprimido a diversas profundidades. Las "Tablas de Aire" del Manual de Buceo de la USN de 1956/1957 también proporcionaron las cédulas de descompresión prescritas para los perfiles de buceo que excedían los límites de exposición permisibles.

Recientemente, tres eventos causaron que la Armada revisara las Tablas de Aire de 1956/1957 y condujo a esta revisión del manual de buceo.

1. Proporciones inaceptables de enfermedad de descompresión experimentadas durante el salvamento del TWA800 en 1996 mientras se utilizaban las "Tablas de Aire" y Tablas Sur "D" O₂ del Manual de Buceo USN de 1956/1957 en rangos de profundidad seleccionados arriba de 100 pies.
2. Prácticas de buceo comercial las cuales migraron lejos de las "Tablas de Aire" del Manual de Buceo USN de 1956/1957 debido a proporciones inaceptables de enfermedad de descompresión en buceos de larga duración/poca profundidad.
3. Más importantemente, la investigación seminal dentro de la medicina hiperbárica conducida por el Dr. Edward D. Thalmann, Capitan, MC, USN (retirado), que desarrolló un algoritmo matemático que modeló el intercambio de gas en los tejidos humanos ofreciendo la promesa de las guías menos riesgosas para el buceo con aire.

En 1998, la Unidad de Buceo experimental de la Armada inició el desarrollo del proceso para remplazar las Tablas de Aire de 1956/1957 y condujo a la selección del Algoritmo de Thalmann como la base de una nueva Tabla de Aire. Eventualmente fue adoptada una variación del Algoritmo de Thalmann como un resultado de prueba empírico y retroalimentación operacional de la Flota.

La Revisión 6 del Manual de Buceo de la Marina de E.U. representa la culminación de la investigación y validación empírica de las tablas de buceo con aire contenidas aquí. Además de Thalmann, los esfuerzos de dos personas perduran por encima de todos los otros en analizar y meticulosamente documentar el producto final para esta más comprensiva revisión del Manual de Buceo de la Marina de E.U. en 15 años. Estos individuos son el Dr. Edward T. Flynn, Capitan, MC, USN (Retirado) de la Oficina del Supervisor de Buceo y Salvamento y el Dr. Wayne A. Gerth, Ph.D. de la Unidad de Buceo Experimental de la Armada. Los futuros buzos de la Armada y civiles hasta ahora no nacidos adeudan a estos hombres una deuda de gratitud por el buceo intrínsecamente más seguro que resultará de su labor incansable e intelecto brillante.



Richard Hooper
Director of Ocean Engineering
Supervisor of Salvage and Diving

VOLUMEN 2

Operaciones de Buceo con Aire

- 6 Planeación y Manejo de Riesgo Operacional
- 7 Operaciones de Buceo SCUBA con Aire
- 8 Operaciones de Buceo con Suministro de Aire desde Superficie
- 9 Descompresión con Aire
- 10 Operaciones de Buceo con Nitrógeno-Oxígeno
- 11 Operaciones de Buceo en Hielo y Agua Fría

Apéndice 2A Tablas de Buceo en Agua Poco Profunda Opcional



Manual de Buceo de la Marina de E. U.

Página en blanco intencionalmente

Volumen 2 – Tabla de Contenido

Cap/Párr	Página
6 PLANEACION Y MANEJO DE RIESGO OPERACIONAL	
6-1 INTRODUCCION	6-1
6-1.1 Objetivo.....	6-1
6-1.2 Alcance	6-1
6-2 OBJETIVO DE LA MISIÓN Y TAREAS OPERACIONALES	6-1
6-2.1 Mantenimiento de Barcos a Flote (UWSH)	6-1
6-2.1.1 Objetivo de las Reparaciones UWSH.....	6-1
6-2.1.2 Requerimientos de Reparación	6-2
6-2.1.3 Requerimientos de Entrenamiento y Calificación de los Buzos.....	6-2
6-2.1.4 Requerimientos del Programa de Entrenamiento	6-2
6.2.1.5 Operaciones y Entrenamiento de Ascenso	6-2
6-2.2 Salvamento / Recuperación de Objetos	6-3
6-2.3 Misiones de Búsqueda	6-3
6-2.4 Disposición de Material de Guerra Explosivo.....	6-3
6-2.5 Inmersiones de Seguridad.....	6-3
6-2.6 Construcción Subacuática	6-4
6-2.6.1 Requerimientos de Entrenamiento y Calificación del Buzo.....	6-4
6-2.6.2 Requerimientos de Equipo	6-5
6-2.6.3 Recursos para la Planeación de Construcción Subacuática	6-5
6-2.7 Misiones de Demolición.....	6-5
6-2.8 Misiones de Nadadores de Combate	6-5
6-2.9 Buceo en Espacios Cerrados	6-5
6-3 PLANEACIÓN GENERAL Y PROCESO MRO	6-6
6-3.1 Concepto MRO	6-6
6-3.2 Términos de Manejo de Riesgo.....	6-6
6-3.3 Proceso MRO	6-7
6-4 COLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	6-7
6-4.1 Reunión de Información	6-8
6-4.2 Datos de Planeación	6-8
6-4.3 Recuperación de Objetos	6-8
6-4.3.1 Buscando Objetos o Sitios Submarinos	6-8
6-4.4 Datos Requeridos para Todas las Operaciones de Buceo	6-8
6-4.4.1 Condiciones de la Superficie	6-9
6-4.4.2 Profundidad	6-13
6-4.4.3 Tipo de Fondo.....	6-14

Cap/Párr		Página
	6-4.4.4 Mareas y Corrientes.....	6-14
6-5 IDENTIFICACION DE PELIGROS OPERACIONALES		6-15
6-5.1	Visibilidad Subacuática	6-15
6-5.2	Temperatura	6-15
6-5.3	Buceo en Agua Caliente	6-15
	6-5.3.1 Guías Operacionales y Precauciones de Seguridad.....	6-16
	6-5.3.2 Factores de Planeación de Misión.....	6-18
6-5.4	Agua Contaminada	6-18
6-5.5	Contaminación Química	6-18
6-5.6	Contaminación Biológica	6-18
6-5.7	Buceo de Altitud	6-19
6-5.8	Obstáculos Subacuáticos	6-19
6-5.9	Peligros de Choque Eléctrico	6-19
	6-5.9.1 Reducción de los Peligros de Choque Eléctrico.....	6-19
	6-5.9.2 Aseguramiento del Equipo Eléctrico.....	6-20
6-5.10	Explosiones.....	6-20
6-5.11	Sonar	6-20
6-5.12	Radiación Nuclear	6-20
6-5.13	Vida Marina.....	6-21
6-5.14	Tráfico de Embarcaciones y Botes Pequeños.....	6-21
6-5.15	Aguas Territoriales.....	6-21
6-5.16	Equipo de Emergencia	6-21
6-6 SELECCIÓN DE LA TÉCNICA DE BUCEO		6-23
6-6.1	Factores a Considerar Cuando se Selecciona la Técnica de Buceo	6-23
6-6.2	Restricciones al Buceo de Apnea.....	6-24
6-6.3	Características Operacionales del SCUBA	6-24
	6-6.3.1 Movilidad	6-24
	6-6.3.2 Flotabilidad.....	6-26
	6-6.3.3 Portabilidad	6-26
	6-6.3.4 Límites Operacionales	6-26
	6-6.3.5 Protección Ambiental.....	6-26
6-6.4	Características Operacionales del SBSS	6-26
	6-6.4.1 Movilidad	6-26
	6-6.4.2 Flotabilidad.....	6-26
	6-6.4.3 Limitaciones Operacionales.....	6-26
	6-6.4.4 Protección Ambiental.....	6-26
6-7 SELECCIÓN DE EQUIPO Y SUMINISTROS		6-26
6-7.1	Equipo Autorizado para el Uso por la Marina.....	6-26
6-7.2	Suministro de Aire	6-27

Cap/Párr		Página
6-7.3	Embarcaciones y Plataformas de Buceo	6-27
6-7.4	Plataformas de Buceo para Salvamento / Rescate en Mar Profundo.....	6-27
6-7.5	Embarcaciones Pequeñas.....	6-28
6-8	SELECCIÓN Y REUNIÓN DEL EQUIPO DE BUCEO.....	6-28
6-8.1	Niveles de Personal.....	6-30
6-8.2	Comandante	6-30
6-8.3	Comandante de Buceo.....	6-30
6-8.4	Oficial del Control de Buceo	6-30
6-8.5	Jefe de Buceo.....	6-30
6-8.5.1	Responsabilidad del Jefe de Buceo	6-30
6-8.5.2	Calificaciones del Jefe de Buceo.....	6-31
6-8.6	Supervisor de Buceo	6-31
6-8.6.1	Responsabilidades Previas al Buceo	6-31
6-8.6.2	Responsabilidades Mientras la Operación está en Progreso	6-31
6-8.6.3	Responsabilidades Posteriores al Buceo.....	6-31
6-8.6.4	Calificaciones del Supervisor de Buceo	6-31
6-8.7	Oficial Médico de Buceo.....	6-32
6-8.8	Personal de Buceo	6-32
6-8.8.1	Responsabilidades del Personal de Buceo	6-32
6-8.8.2	Calificaciones del Personal de Buceo	6-32
6-8.8.3	Buzo de Respaldo	6-32
6-8.8.4	Buzo Compañero.....	6-33
6-8.8.5	Buzo Tender	6-34
6-8.8.6	Bitacorero	6-34
6-8.8.7	Personal Médico	6-34
6-8.8.8	Otro Personal de Apoyo	6-34
6-8.8.9	Entrenamiento Cruzado y Sustitución	6-35
6-8.8.10	Condición Física	6-35
6-8.8.11	Personal de Salvamento o Construcción y Demolición Subacuática.....	6-35
6-8.8.12	Plan de Demolición.....	6-35
6-8.8.13	Manipuladores de Explosivos	6-36
6-8.9	Requerimientos OSHA para Buceo Civil en la Marina de E.U.....	6-36
6-8.9.1	Restricción del Buceo Scuba (Aire).....	6-36
6-8.9.2	Restricciones del Buceo con Aire Suministrado desde Superficie.....	6-37
6-8.9.3	Restricciones del Buceo con Mezcla de Gases	6-37
6-8.9.4	Requerimientos de la Cámara de Recompresión	6-37
6-9	ORGANIZACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES	6-37
6-9.1	Planeación y Programación de Tareas	6-37
6-9.2	Tareas Posterioras al Buceo	6-38
6-10	INSTRUCCIONES AL EQUIPO DE BUCEO	6-38
6-10.1	Establecimiento del Objetivo de la Misión	6-38
6-10.2	Identificación de Tareas y Procedimientos.....	6-39

Cap/Párr		Página
6-10.3	Revisión de Procedimientos de Buceo	6-39
6-10.4	Asignación de Personal	6-39
6-10.5	Asistencia y Emergencias	6-39
6-10.6	Notificación al Personal del Barco	6-50
6-10.7	Enredado y Atrapado	6-50
6-10.8	Falla en el Equipo	6-50
	6-10.8.1 Pérdida del Suministro de Gas	6-50
	6-10.8.2 Pérdida de Comunicación	6-50
6-10.9	Buzo Perdido	6-51
6-10.10	Interrogatorio al Equipo de Buceo	6-51
6-11	DATOS DE REFERENCIA DEL EQUIPO DE BUCEO CON AIRE	6-51
 7 OPERACIONES DE BUCEO SCUBA CON AIRE		
7-1	INTRODUCCION	7-1
7-1.1	Objetivo	7-1
7-1.2	Alcance	7-1
7-2	EQUIPO REQUERIDO PARA OPERACIONES SCUBA	7-1
7-2.1	Equipo Autorizado para Uso de la Marina	7-1
7-2.2	SCUBA con Circuito Abierto	7-2
	7-2.2.1 Regulador de Demanda	7-2
	7-2.2.2 Cilindros	7-4
	7-2.2.3 Válvulas de Cilindros y Manifolds	7-6
	7-2.2.4 Backpack o Arnés	7-6
7-2.3	Equipo Mínimo	7-7
	7-2.3.1 Visor	7-7
	7-2.3.2 Salvavidas	7-7
	7-2.3.3 Compensador de Flotabilidad	7-8
	7-2.3.4 Cinturón de Lastre	7-8
	7-2.3.5 Cuchillo	7-8
	7-2.3.6 Aletas	7-9
	7-2.3.7 Reloj de Pulsera	7-9
	7-2.3.8 Profundímetro	7-9
7-3	EQUIPO OPCIONAL PARA OPERACIONES SCUBA	7-9
7-3.1	Ropa de Protección	7-10
	7-3.1.1 Trajes Húmedos	7-10
	7-3.1.2 Trajes Secos	7-10
	7-3.1.3 Guantes	7-10
	7-3.1.4 Pizarra de Escritura	7-10
	7-3.1.5 Bengalas	7-11
	7-3.1.6 Radiofaro	7-11
	7-3.1.7 Líneas y Flotadores	7-11

Cap/Párr		Página
7-3.1.8	Snorkel.....	7-12
7-3.1.9	Compás (Brújula).....	7-12
7-3.1.10	Manómetro de Presión del Cilindro Sumergible.....	7-12
7-4	SUMINISTRO DE AIRE	7-12
7-4.1	Duración del Suministro de Aire	7-12
7-4.2	Aire Comprimido de Fuentes Comerciales.....	7-14
7-4.3	Método para la Carga de Cilindros Scuba	7-14
7-4.4	Procedimientos de Operación para la Carga de Cilindros SCUBA.....	7-15
7-4.4.1	Rellenado de Cilindros Scuba	7-17
7-4.5	Precauciones de Seguridad para la Carga y Manejo de Cilindros.....	7-17
7-5	PROCEDIMIENTOS PREVIOS AL BUCEO	7-18
7-5.1	Preparación del Equipo	7-18
7-5.1.1	Cilindros de Aire	7-18
7-5.1.2	Correas del Arnés y Backpack	7-19
7-5.1.3	Mangueras de Respiración.....	7-19
7-5.1.4	Regulador	7-19
7-5.1.5	Salvavidas/Compensador de Flotabilidad	7-20
7-5.1.6	Visor.....	7-20
7-5.1.7	Aletas	7-20
7-5.1.8	Cuchillo de Buceo.....	7-20
7-5.1.9	Snorkel.....	7-20
7-5.1.10	Cinturón de Lastre	7-21
7-5.1.11	Reloj de Pulsera Sumergible	7-21
7-5.1.12	Profundímetro y Compás.....	7-21
7-5.1.13	Equipo Misceláneo	7-21
7-5.2	Preparación e Información del Buzo	7-21
7-5.3	Poniéndose el Equipo.....	7-22
7-5.4	Inspección Previa al Buceo	7-22
7-6	ENTRADA AL AGUA Y DESCENSO	7-23
7-6.1	Entrada al Agua	7-23
7-6.1.1	Método de Paso al Frente	7-25
7-6.1.2	Método de Rodado Hacia Atrás	7-25
7-6.1.3	Entrada al Agua Desde la Playa.....	7-25
7-6.2	Verificación en Superficie Antes de Descender	7-25
7-6.3	Nadando en Superficie	7-26
7-6.4	Descenso	7-26
7-7	PROCEDIMIENTOS SUBACUATICOS	7-26
7-7.1	Técnica de Respiración	7-27
7-7.2	Aclarando el Visor	7-27
7-7.3	Aclarando la Manguera y la Boquilla.....	7-28
7-7.4	Técnica de Natación	7-28

Cap/Párr		Página
7-7.5	Comunicación del Buzo	7-28
7-7.5.1	Sistemas de Comunicación a Través del Agua	7-28
7-7.5.2	Señales con las Manos y con Jalones de Líneas.....	7-28
7-7.6	Responsabilidades del Compañero de Buceo	7-28
7-7.7	Procedimiento de la Respiración Compartida	7-31
7-7.8	Atendiendo (Tendereando).....	7-32
7-7.8.1	Atendiendo con una Línea de Superficie o con una Línea Entre Compañeros.....	7-32
7-7.8.2	Atendiendo sin Línea de Superficie	7-33
7-7.9	Trabajando con Herramientas	7-33
7-7.10	Adaptándose a las Condiciones Subacuáticas	7-33
7-8	PROCEDIMIENTOS DE ASCENSO	7-34
7-8.1	Procedimientos de Ascenso Libre de Emergencia.....	7-34
7-8.2	Ascenso Desde Debajo de un Barco.....	7-34
7-8.3	Descompresión	7-35
7-8.4	Saliendo a Superficie y Dejando el Agua	7-35
7-9	PROCEDIMIENTOS POSTERIORES AL BUCEO	7-36
 8 OPERACIONES DE BUCEO CON AIRE SUMINISTRADO DESDE SUPERFICIE		
8-1	INTRODUCCION	8-1
8-1.1	Objetivo	8-1
8-1.2	Alcance	8-1
8-2	MK 21 MOD 1, KM-37	8-1
8-2.1	Operación y Mantenimiento.....	8-1
8-2.2	Suministro de Aire	8-2
8-2.2.1	Requerimientos de Suministro de Gas de Emergencia.....	8-2
8-2.2.2	Requerimientos de Flujo.....	8-3
8-2.2.3	Requerimientos de Presión	8-4
8-3	MK 20 MOD 0	8-7
8-3.1	Operación y Mantenimiento.....	8-7
8-3.2	Suministro de Aire	8-7
8-3.2.1	Requerimientos de SGE para el MK 20 MOD 0 en Buceos en Espacios Confinados	8-7
8-3.2.2	Requerimientos de SGE para MK 20 MOD 0 en Buceos en Aguas Abiertas.....	8-8
8-3.2.3	Requerimientos de Flujo	8-8
8-4	EXO BR MS	8-8
8-4.1	EXO BR MS	8-8

Cap/Párr		Página
8-4.2	Operación y Mantenimiento.....	8-8
8-4.3	Suministro de Aire	8-8
8-4.4	Requerimientos de SGE para EXO BR MS	8-8
8-4.5	Requerimientos de Flujo y Presión.....	8-9
8-5	SISTEMAS DE BUCEO CON SUMINISTRO DESDE SUPERFICIE PORTATILES	8-9
8-5.1	Sistema Ligero de Buceo MK 3 MOD 0 (LWDS).....	8-9
8-5.1.1	MK 3 MOD 0 Configuración 1.....	8-9
8-5.1.2	MK 3 MOD 0 Configuración 2.....	8-9
8-5.1.3	MK 3 MOD 0 Configuración 3.....	8-9
8-5.2	Sistema Ligero de Buceo MK 3 MOD 1	8-9
8-5.3	Carro de Buceo ROPER.....	8-12
8-5.4	Sistema de Buceo Transportado por Aire (FADS) III	8-12
8-5.5	Ensamble de la Consola de Regulación de Oxígeno (ORCA).....	8-13
8-6	EQUIPO ACCESORIO PARA EL BUCEO CON SUMINISTRO DESDE SUPERFICIE	8-14
8-7	SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AIRE EN SUPERFICIE	8-15
8-7.1	Requerimientos para el Suministro de Aire.....	8-15
8-7.1.1	Estándares de Pureza del Aire	8-15
8-7.1.2	Requerimientos de Flujo del Suministro de Aire	8-15
8-7.1.3	Requerimientos de Suministro de Presión	8-16
8-7.1.4	Control del Vapor de Agua	8-16
8-7.1.5	Requerimientos de Aire del Buzo de Respaldo.....	8-16
8-7.2	Suministro de Aire Primario y Secundario.....	8-16
8-7.2.1	Requerimientos para los Procedimientos de Operación y Emergencia	8-17
8-7.2.2	Compresores de Aire.....	8-17
8-7.2.3	Cilindros y Recipientes de Alta Presión.....	8-20
8-8	COMUNICACIÓN CON EL BUZO	8-21
8-8.1	Sistemas de Intercomunicación con el Buzo.....	8-21
8-8.2	Señales por Jalones de Líneas	8-21
8-9	PROCEDIMIENTOS PREVIOS AL BUCEO	8-23
8-9.1	Lista de Verificación Previa al Buceo	8-23
8-9.2	Preparación de la Estación de Buceo	8-23
8-9.3	Preparación del Suministro de Aire	8-23
8-9.4	Preparación de Líneas	8-24
8-9.5	Inspección y Preparación de la Cámara de Recompresión	8-24
8-9.6	Inspección Previa al Buceo	8-24
8-9.7	Vistiendo al Buzo	8-24
8-9.8	Lista de Verificación del Supervisor de Buceo Previa al Buceo.....	8-24

Cap/Párr		Página
8-10	ENTRADA AL AGUA Y DESCENSO	8-24
8-10.1	Verificación en Superficie Previa al Descenso	8-24
8-10.2	Descenso	8-25
8-11	PROCEDIMIENTOS SUBACUATICOS	8-25
8-11.1	Adaptación a las Condiciones Subacuáticas.....	8-25
8-11.2	Movimiento en el Fondo	8-26
8-11.3	Búsqueda en el Fondo.....	8-26
8-11.4	Buceo en Espacios Cerrados	8-27
8-11.4.1	Peligros de los Espacios Confinados	8-27
8-11.4.2	Precauciones de Seguridad en Espacios Confinados.....	8-27
8-11.5	Trabajando Alrededor de Esquinas	8-28
8-11.6	Trabajando Dentro de un Naufragio	8-28
8-11.7	Trabajando Con o Cerca de Líneas de Anclaje.....	8-28
8-11.8	Verificación en el Fondo	8-28
8-11.9	Procedimientos en el Sitio de Trabajo.....	8-29
8-11.9.1	Procedimientos de Reparación de Barcos a Flote	8-29
8-11.9.2	Trabajando con Herramientas	8-29
8-11.10	Procedimientos de Seguridad.....	8-29
8-11.10.1	Umbilical Atorado.....	8-30
8-11.10.2	Línea de Descenso Enredada	8-30
8-11.10.3	Caída	8-30
8-11.10.4	Daño al Casco y Traje de Buceo	8-30
8-11.11	Atendiendo al Buzo.....	8-30
8-11.12	Monitoreo del los Movimientos del Buzo	8-31
8-12	PROCEDIMIENTOS DE ASCENSO	8-31
8-13	DESCOMPRESION EN SUPERFICIE	8-32
8-13.1	Desventajas de la Descompresión en el Agua.....	8-32
8-13.2	Transferencia de un Buzo a la Cámara.....	8-32
8-14	PROCEDIMIENTOS POSTERIORES AL BUCEO	8-33
8-14.1	Personal y Reportes	8-33
8-14.2	Equipo	8-34
9	DESCOMPRESION CON AIRE	
9-1	INTRODUCCION	9-1
9-1.1	Objetivo	9-1
9-1.2	Alcance	9-1

Cap/Párr		Página
9-2	TEORIA DE LA DESCOMPRESION.....	9-1
9-3	DEFINICIONES DE LA DESCOMPRESION CON AIRE.....	9-2
9-3.1	Tiempo de Descenso.....	9-2
9-3.2	Tiempo de Fondo	9-2
9-3.3	Tiempo Total de Descompresión	9-2
9-3.4	Tiempo Total de Buceo	9-2
9-3.5	Mayor Profundidad	9-2
9-3.6	Profundidad Máxima.....	9-2
9-3.7	Profundidad de Canastilla	9-2
9-3.8	Tabla de Descompresión.....	9-2
9-3.9	Cédula de Descompresión	9-2
9-3.10	Parada de Descompresión.....	9-3
9-3.11	Límite de No-Descompresión (No "D").....	9-3
9-3.12	Buceo de No-Descompresión.....	9-3
9-3.13	Buceo con Descompresión.....	9-3
9-3.14	Intervalo en Superficie.....	9-3
9-3.15	Nitrógeno Residual	9-3
9-3.16	Buceo Sencillo	9-3
9-3.17	Buceo Repetitivo.....	9-3
9-3.18	Designador de Grupo Repetitivo	9-3
9-3.19	Tiempo de Nitrógeno Residual	9-3
9-3.20	Equivalente de Buceo Sencillo	9-3
9-3.21	Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo	9-3
9-3.22	Descompresión en Superficie.....	9-3
9-3.23	Buceo con Exposición Excepcional.....	9-4
9-4	REPORTES Y REGISTROS DE BUCEO	9-4
9-5	LAS TABLAS DE DESCOMPRESIÓN CON AIRE	9-6
9-5.1	Tablas de Descompresión Disponibles	9-5
9-5.2	Selección de la Cédula de Descompresión.....	9-6
9-6	REGLAS GENERALES PARA EL USO DE LAS TABLAS DE DESCOMPRESIÓN CON AIRE	9-6
9-6.1	Selección de la Cédula de Descompresión.....	9-6
9-6.2	Velocidad de Descenso	9-7
9-6.3	Velocidad de Ascenso	9-7
9-6.4	Tiempo de Parada de Descompresión	9-7

Cap/Párr		Página
9-6.5	Última Parada en el Agua	9-7
9-6.6	Elegibilidad para Descompresión en Superficie	9-7
9-7	TABLA DE LÍMITES DE NO-DESCOMPRESION Y DESIGNACIÓN DE GRUPO REPETITIVO PARA BUCEOS CON AIRE DE NO-DESCOMPRESION	9-7
9-7.1	Tabla de No-Descompresión en Aguas Poco Profundas Opcional.....	9-8
9-8	LA TABLA DE DESCOPRESION CON AIRE	9-9
9-8.1	Descompresión con Aire en el Agua	9-9
9-8.2	Descompresión con Aire y Oxígeno en el Agua	9-9
9-8.2.1	Procedimientos para Cambiar a Oxígeno 100% a 30 ó 20 pam	9-12
9-8.2.2	Rompimientos con Aire a 30 y 20 pam.....	9-12
9-8.3	Descompresión en Superficie con Oxígeno (Sur DO ₂)	9-13
9-8.3.1	Procedimiento de Descompresión en Superficie con Oxígeno	9-15
9-8.3.2	Descompresión en Superficie desde 30 y 20 pam	9-16
9-8.4	Selección del Modo de Descompresión	9-19
9-9	BUCEOS REPETITIVOS	9-20
9-9.1	Procedimiento de Buceo Repetitivo	9-20
9-9.2	Regla de Excepción TNR	9-24
9-9.3	Buceos Repetitivos con Aire-MK 16	9-28
9-9.4	Orden de los Buceos Repetitivos	9-29
9-10	BUCEOS CON EXPOSICIONES EXCEPCIONALES	9-29
9-11	VARIACIONES EN LA VELOCIDAD DE ASCENSO	9-30
9-11.1	Velocidad de Viaje Excedida	9-30
9-11.2	Arribo Temprano a la Primera Parada de Descompresión	9-30
9-11.3	Retraso en Arribar a la Primera Parada de Descompresión	9-30
9-11.4	Retraso en Dejar una Parada o Entre Paradas de Descompresión.....	9-31
9-12	PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA	9-34
9-12.1	Tiempo de Fondo en Exceso de la Tabla.....	9-34
9-12.2	Pérdida del Suministro de Oxígeno en el Agua.....	9-34
9-12.3	Contaminación del Suministro de Oxígeno con Aire	9-35
9-12.4	Síntomas de Toxicidad por Oxígeno del SNC (No Convulsivos) en las Paradas en el Agua a 30 ó 20 pam	9-36
9-12.5	Convulsiones por Oxígeno en las Paradas en el Agua a 30 ó 20 pam.....	9-37
9-12.6	Intervalo en Superficie Mayor que 5 Minutos	9-37
9-12.7	Enfermedad de Descompresión Durante el Intervalo en Superficie	9-38
9-12.8	Pérdida del Suministro de Oxígeno en la Cámara	9-40
9-12.9	Toxicidad por Oxígeno del SNC en la Cámara	9-40
9-12.10	Descompresión Omitida Asintomática.....	9-41

Cap/Párr		Página
9-12.10.1	Paradas de Descompresión No Requeridas	9-42
9-12.10.2	Paradas de Descompresión Omitidas a 30 y 20 pam.....	9-42
9-12.10.3	Paradas de Descompresión Omitidas a Mayor Profundidad que 30 pam	9-42
9-12.11	Enfermedad de Descompresión en el Agua.....	9-43
9-12.11.1	Buzo Permaneciendo en el Agua	9-43
9-12.11.2	Buzo Dejando el Agua.....	9-44
9-13	BUCEO A ALTITUD	9-44
9-13.1	Procedimientos de Corrección de Altitud	9-44
9-13.1.1	Corrección de la Profundidad dl Buceo	9-44
9-13.1.2	Corrección para la Profundidad de las Paradas de Descompresión	9-45
9-13.2	Necesidad de Corrección	9-45
9-13.3	Medición de la Profundidad en Altitud.....	9-45
9-13.4	Equilibración a Altitud	9-47
9-13.5	Hoja de Trabajo de Buceo a Altitud.....	9-48
9-13.5.1	Correcciones para la Profundidad de un Buceo a Altitud y las Paradas en el Agua.....	9-48
9-13.5.2	Correcciones para Equilibración.....	9-48
9-13.6	Buceos Repetitivos	9-50
9-14	ASCENSO A ALTITUD DESPUÉS DE BUCEAR/VOLANDO DESPUÉS DE BUCEAR	9-54
10	OPERACIONES DE BUCEO CON NITRÓGENO-OXIGENO	
10-1	INTRODUCCION	10-1
10-1.1	Ventajas y Desventajas del Buceo con NITROX	10-1
10-2	PROFUNDIDAD EQUIVALENTE CON AIRE	10-1
10-2.1	Cálculo de la Profundidad Equivalente con Aire	10-2
10-3	TOXICIDAD POR OXIGENO	10-2
10-3.1	Selección de la Mezcla NITROX Apropriada.....	10-3
10-4	PROCEDIMIENTOS DE BUCEO CON NITROX	10-3
10-4.1	Buceo con NITROX Usando Profundidades Equivalentes con Aire	10-3
10-4.2	Operaciones SCUBA.....	10-3
10-4.3	Procedimientos Especiales	10-3
10-4.4	Descompresión Omitida	10-5
10-4.5	Buceos que Exceden el Límite de Trabajo Normal	10-5
10-5	BUCEO REPETITIVO CON NITROX	10-5
10-6	HOJA DE BUCEO CON NITROX	10-5

Cap/Párr	Página
10-7 ENTRENAMIENTO DE LA FLOTA PARA NITROX	10-5
10-8 EQUIPO DE BUCEO NITROX.....	10-7
10-8.1 Sistemas SCUBA de Circuito Abierto	10-7
10-8.1.1 Reguladores.....	10-7
10-8.1.2 Cilindros	10-7
10-8.2 Generalidades.....	10-7
10-8.3 Buceo con NITROX Suministrado Desde Superficie.....	10-7
10-9 LIMPIEZA DEL EQUIPO	10-8
10-10 PUREZA DEL GAS DE RESPIRACIÓN	10-8
10-11 MEZCLANDO NITROX.....	10-8
10-12 SISTEMAS DE MEZCLADO, ENTREMEZCLADO Y ALMACENAMIENTO DE NITROX... 10-11	
 11 OPERACIONES DE BUCEO EN HIELO Y AGUA FRIA	
11-1 INTRODUCCION	11-1
11-1.1 Objetivo.....	11-1
11-1.2 Alcance	11-1
11-2 PLANEACION DE LAS OPERACIONES	11-1
11-2.1 Guías para la Planeación	11-1
11-2.2 Consideraciones de Navegación.....	11-1
11-2.3 Consideraciones SCUBA.....	11-2
11-2.4 Reguladores SCUBA	11-2
11-2.4.1 Precauciones Especiales.....	11-2
11-2.4.2 Octopus y Reguladores Redundantes.....	11-3
11-2.5 Salvavidas	11-3
11-2.6 Máscara	11-3
11-2.7 Equipo SCUBA	11-3
11-2.8 Consideraciones del Sistema de Buceo con Suministro Desde Superficie (SBSS) 11-4	
11-2.8.1 Ventajas y Desventajas del SBSS	11-4
11-2.8.2 Efectos de las Condiciones del Hielo sobre el SSDS.....	11-5
11-2.9 Selección del Traje	11-5
11-2.9.1 Trajes Húmedos.....	11-5
11-2.9.2 Trajes Secos de Volumen Variable	11-6
11-2.9.3 Trajes de Exposición Extrema/Trajes de Agua Caliente	11-6
11-2.10 Ropa	11-6
11-2.11 Equipo Auxiliar.....	11-6
11-2.12 Refugio del Sitio de Buceo	11-7

11-3 PROCEDIMIENTOS PREVIOS AL BUCEO	11-7
11-3.1 Consideraciones del Personal.....	11-7
11-3.2 Consideraciones de la Selección del Sitio de Buceo	11-7
11-3.3 Refugio	11-7
11-3.4 Orificio de Entrada.....	11-7
11-3.5 Orificios de Escape.....	11-8
11-3.6 Líneas de Navegación.....	11-8
11-3.7 Líneas de Vida.....	11-9
11-3.8 Preparación del Equipo	11-9
11-4 PROCEDIMIENTOS SUBACUATICOS	11-9
11-4.1 Buceo de Parejas	11-9
11-4.2 Atendiendo al Buzo	11-9
11-4.3 Buzo de Respaldo	11-9
11-5 PRECAUCIONES DE OPERACIÓN	11-10
11-5.1 Precauciones Generales	11-10
11-5.2 Condiciones del Hielo	11-10
11-5.3 Precauciones en el Vestido	11-10
11-5.4 Precauciones Sobre la Superficie	11-11
11-5.5 Precauciones en el Agua.....	11-11
11-5.6 Precauciones Posteriores al Buceo	11-12
11-6 PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA.....	11-12
11-6.1 Buzo Perdido	11-12
11-6.2 Buscando a un Buzo Perdido	11-12
11-6.3 Hipotermia	11-13
11-7 REFERENCIAS ADICIONALES	11-13
2A TABLAS DE BUECEO EN AGUA POCO PROFUNDA OPCIONALES	
2A-1.1 Introducción	2A-1

Volumen 2 – Lista de Ilustraciones

Figura	Página
6-1 Buceo de Mantenimiento de Barcos a Flote	6-2
6-2 Buceo de Salvamento.....	6-4
6-3 Buceo de Eliminación de Material Explosivo	6-4
6-4 Buceo de Construcción Subacuática.....	6-5
6-5 Fuentes de Datos para Planeación.....	6-9
6-6 Hoja de Trabajo de Valoración Ambiental	6-10
6-7 Carta del Estado del Mar	6-11
6-8 Carta de Temperatura Equivalente de Enfriamiento del Viento	6-12
6-9 Neumofatómetro (Profundímetro Neumático).....	6-13
6-10 Carta de Condiciones y Efectos del Fondo	6-14
6-11 Gráfica de Protección para la Temperatura del Agua	6-17
6-12 Código Internacional de Banderas de Señales	6-22
6-13 Técnicas de Buceo con Aire	6-23
6-14 Límites Normales y Máximos para Buceos con Aire	6-25
6-15 Buceo con MK 21 Requiriendo Dos Buzos.....	6-28
6-16 Niveles Mínimos de Personal para Estaciones de Buceo con aire	6-29
6-17 Jefe de Buceo Supervisando un Tratamiento de Recompresión	6-31
6-18 Buzo de Respaldo.....	6-33
6-19 Lista de Verificación de Seguridad y Planeación de Buceo (hoja 1 de 4)	6-40
6-19 Lista de Verificación de Seguridad y Planeación de Buceo (hoja 2 de 4).....	6-41
6-19 Lista de Verificación de Seguridad y Planeación de Buceo (hoja 3 de 4).....	6-42
6-19 Lista de Verificación de Seguridad y Planeación de Buceo (hoja 4 de 4).....	6-43
6-20 Lista de Verificación de Seguridad para Reparación de Barcos por Buceo (hoja 1 de 2)	6-44
6-20 Lista de Verificación de Seguridad para Reparación de Barcos por Buceo (hoja 2 de 2)	6-45
6-21 Lista de Verificación Previa a Operaciones de Buceo con Suministro desde Superficie (hoja 1 de 3).....	6-46
6-21 Lista de Verificación Previa a Operaciones de Buceo con Suministro desde Superficie (hoja 2 de 3).....	6-47
6-21 Lista de Verificación Previa a Operaciones de Buceo con Suministro desde Superficie (hoja 3 de 3).....	6-48
6-22 Lista de Verificación para Asistencia de Emergencia.....	6-49
6-23 Características Generales del SCUBA	6-52
6-24 Características Generales del MK 20 MOD 0.....	6-53
6-25 Características Generales del MK 21 MOD 1, KM-37	6-54
6-26 Características del EXO BR MS	6-55

7-1	Esquema del Regulador de Demanda	7-3
7-2	Máscara Facial Completa (MFC)	7-4
7-3	Marcas de Identificación Típicas de los Cilindros de Gas	7-5
7-4	Salvavidas	7-7
7-5	Ropa de Protección.....	7-11
7-6	Sistema de Cascada para Carga de Cilindros SCUBA	7-16
7-7	Técnicas de Entrada SCUBA.....	7-24
7-7	Técnicas de Entrada SCUBA (continuación)	7-25
7-8	Aclarando un Visor	7-27
7-9	Señales SCUBA con las Manos (Página 1 de 2).....	7-29
7-9	Señales SCUBA con las Manos (Página 2 de 3).....	7-30
7-9	Señales SCUBA con las Manos (Página 3 de 3).....	7-31
8-1	SBSS MK 21 MOD 1	8-1
8-2	UBA MK 20 MOD 0	8-7
8-3	MK 3 MOD 0 Configuración 1	8-10
8-4	MK 3 MOD 0 Configuración 2	8-10
8-5	MK 3 MOD 0 Configuración 3	8-11
8-6	Sistema Transportado por Aire (FADS III).....	8-11
8-7	Carro ROPER.....	8-12
8-8	Ensamble de Control de Regulación de Oxígeno (ORCA) II (Esquemático)	8-13
8-9	Ensamble de Control de Regulación de Oxígeno (ORCA) II.....	8-14
8-10	Compresor AP (arriba); Compresor MP (abajo)	8-18
8-11	Comunicación con Señales por Jalones de Línea.....	8-23
8-12	Descompresión en Superficie	8-33
9-1	Reporte de Buceo	9-5
9-2	Vista Gráfica de un Buceo con Abreviaturas	9-6
9-3	Reporte de Buceo con Aire Completado: Buceo de No-Descompresión	9-10
9-4	Reporte de Buceo con Aire Completado: Descompresión en el Agua	9-11
9-5	Reporte de Buceo con Aire Completado: Descompresión con Aire y Oxígeno en el Agua	9-14
9-6	Reporte de Buceo con Aire Completado: Descompresión en Superficie con Oxígeno.....	9-17
9-7	Diagrama de Flujo para Selección de Modo de Descompresión.....	9-19
9-8	Diagrama de Flujo de Buceo Repetitivo	9-21
9-9	Hoja de Trabajo de Buceo Repetitivo	9-23
9-10	Reporte de Buceo con Aire Completado: Primer Buceo de Perfil de Buceo Repetitivo	9-25
9-11	Hoja de Trabajo de Buceo Repetitivo Completada.....	9-26
9-12	Reporte de Buceo con Aire Completado: Segundo Buceo de Perfil de Buceo Repetitivo	9-27
9-13	Reporte de Buceo con Aire Completado: Retraso en el Ascenso a Mayor Prof. que 50 pam	9-32

9-14	Reporte de Buceo con Aire Completado: Retraso en el Ascenso a Menor Prof. que 50 pam.	9-33
9-15	Hoja de Trabajo para Buceo a Altitud	9-49
9-16	Hoja de Trabajo para Buceo a Altitud Completada	9-51
9-17	Reporte de Buceo con Aire Completado: Buceo a Altitud	9-52
9-18	Hoja de Trabajo de Buceo Repetitivo a Altitud	9-53
9-19	Hoja de Trabajo de Buceo Repetitivo a Altitud Completado	9-55
9-20	Reporte de Buceo con Aire Completado: Primer Buceo de Perfil de Buceo Repetitivo a Altitud	9-56
9-21	Reporte de Buceo con Aire Completado: Segundo Buceo de Perfil de Buceo Repetitivo a Altitud	9-57
10-1	Hoja de Buceo con NITROX	10-6
10-2	Marcas del Cilindro SCUBA para NITROX	10-7
10-3	Sistema de Inyección de Oxígeno NITROX	10-9
10-4	Configuración de Suministro de Aire B. P. a Sistema de Membrana NITROX	10-11
10-5	Configuración de Suministro de Aire A. P. a Sistema de Membrana NITROX	10-12
11-1	Buceo en Hielo con SCUBA	11-3
11-2	Sitio de Trabajo Típico de Buceo en Hielo	11-8

Volumen 2 – Lista de Tablas

Tabla	Página
7-1 Muestra de Datos de los Cilindros SCUBA	7-5
8-1 Requerimientos de Presión Sobre la del Fondo para MK 21 MOD 1 y KM-37	8-4
8-2 Requerimientos del Sistema Primario de Aire	8-16
8-3 Señales por Jalones de Línea	8-22
9-1 Factores de Corrección del Profundímetro Neumático.....	9-7
9-2 Manejo de Intervalo en Superficie Extendido y Enfermedad de Descompresión Tipo I durante el Intervalo en Superficie	9-39
9-3 Manejo de la Descompresión Omitida Asintomática	9-41
9-4 Profundidad Equivalente al Nivel del Mar.....	9-46
9-5 Grupos Repetitivos Asociados con Ascenso Inicial a Altitud.....	9-47
9-6 Intervalo en Superficie Requerido Antes de Ascender a Altitud Después de Bucear	9-58
9-7 Límites de No-Descompresión y Designadores de Grupo Repetitivo para Buceos con Aire de No-Descompresión.....	9-59
9-8 Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos Repetitivos con Aire.....	9-60
9-9 Tabla de Descompresión con Aire.....	9-61
10-1 Tabla de Profundidad Equivalente a Aire	10-4
10-2 Aire Libre de Aceite.....	10-10
2A-1 Límites de No-Descompresión y Designadores de Grupo Repetitivo para Buceos con Aire de No-Descompresión en Aguas Poco Profundas.....	2A-2
2A-2 Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos Repetitivos con Aire en Agua Poco Profunda	2A-3

CAPITULO 6

Planeación y Manejo de Riesgo Operacional

6-1 INTRODUCCION

- 6-1.1** **Objetivo.** Las operaciones de buceo son intrínsecamente riesgosas. Este capítulo proporciona una guía general para la planeación de las operaciones de buceo. Todas las actividades Navales deben aplicar el proceso de Manejo de Riesgo Operacional (MRO) en la planeación de operaciones y entrenamiento para optimizar la capacidad y prontitud operacional de acuerdo con las INSTRUCCION OPNAV (serie) 3500.39. La correcta aplicación de estas técnicas reducirá contratiempos y costos asociados, resultando en el uso más eficiente de los recursos. El MRO es una herramienta para tomar decisiones, utilizada por el personal a todos los niveles, para incrementar la efectividad operacional, identificando, evaluando y manejando los riesgos. La aplicación apropiada del MRO minimiza los riesgos a niveles aceptables, en proporción con el cumplimiento de la misión. La cantidad de riesgo que aceptaremos en guerra es mucho más grande que la que debemos aceptar en paz, pero el proceso de MRO permanece igual.
- 6-1.2** **Alcance.** Este capítulo describe un proceso de planeación comprensivo para planear efectivamente y ejecutar operaciones de buceo en apoyo de operaciones militares. Las hojas de trabajo de planeación y las listas de verificación contenidas en este capítulo son ejemplos del material de la Marina de E.U. Pueden usarse como se suministran o modificadas localmente para adaptarse a necesidades específicas.

6-2 OBJETIVO DE LA MISIÓN Y TAREAS OPERACIONALES

Debe establecerse una clara y concisa exposición del objetivo de la misión. Si el oficial que planea la operación no tiene claro acerca de la urgencia del objetivo de la misión, él o ella deben obtener la aclaración de la autoridad que la ordenó para determinar los riesgos aceptables.

Ejemplo: Localizar, recobrar y entregar el ancla perdida al USS SMITH en el muelle A.

Esta sección describe las funciones de buceo principales que pueden ser identificadas en una tarea operacional. Estas funciones pueden ser incorporadas solas o en conjunto con otras. Cada tarea debe ser identificada y colocada en el contexto de una cédula o perfil de trabajo general. Los trabajos que deben ser coordinados con otros equipos de soporte también deben ser identificados. La disponibilidad de asistencia externa, incluyendo asistencia para posibles emergencias, por una unidad de buceo u otras fuentes, debe ser coordinada con anticipación.

- 6-2.1** **Mantenimiento de Barcos a Flote (UWSH).** El UWSH (Underwater Ship Husbandry) es la inspección, mantenimiento y reparación de cascos de la Marina y cascos añadidos mientras estos están a flote. El UWSH incluye tareas tales como parchadas, taponadas, adición de tanques estancos, limpieza de cascos a flote, reparación con soldadura submarina de cascos de barcos y agregados, remplazo de propelas, inspección submarina de cascos y pruebas no destructivas ([Figura 6-1](#)).
- 6-2.1.1** **Objetivo de las Operaciones UWSH.** El objetivo de todas las operaciones UWSH es de proporcionar una reparación permanente sin llevar el barco a dique seco. Cuando no es posible una reparación permanente, se ejecutan reparaciones temporales para permitir al barco que opere hasta su próximo dique seco programado, donde puede ser realizada la reparación permanente.



Figura 6-1. Buceo de Mantenimiento de Barcos a Flote.

6-2.1.2

Requerimientos de Reparación. Todas las reparaciones UWSH deben seguir estrictos procedimientos de Aseguramiento de Calidad (AC), para asegurar que los sistemas subacuáticos están apropiadamente reparados. Los buzos deben trabajar estrechamente con todas las otras actividades de reparación para asegurar que los procedimientos cumplen con las especificaciones de diseño y mantenimiento prescritas del barco. Todos los manuales técnicos relevantes deben estar disponibles para la planeación del buceo, y debe ser considerada la experiencia individual del buzo cuando se seleccione el grupo de buceo. El *Manual de Mantenimiento de Barcos a Flote NAVSEA (S0600-AA-PRO-010)* proporciona guías generales y procedimientos específicos para realizar muchas reparaciones subacuáticas.

6-2.1.3

Requerimientos de Entrenamiento y Calificación de los Buzos. Muchos de los requerimientos de entrenamiento y calificación USWH son tareas específicas. El entrenamiento general debe ser completado con:

- Instrucción formal, como en la Escuela de Buceo de Primera y Segunda Clase
- Entrenamiento patrocinado por NAVSEA, ej., Reparación del Domo de Hule de la Ventana del Sonar (SDRW)
- Entrenamiento sobre el trabajo (OJT)
- Estándares de Calificación Personal (PQS)

6-2.1.4

Requerimientos del Programa de Entrenamiento. Un programa de entrenamiento apropiado debe resultar en reparaciones permanentes que cumplan las mismas tolerancias y requerimientos de AC como si se desempeñaran en dique seco. Si hay cualquier pregunta acerca de las calificaciones requeridas para una reparación permanente, los buzos deben consultar con el departamento de reparación de su comando o contactar con NAVSEA 00C5.

6-2.1.5

Operaciones y Entrenamiento de Ascenso. Las operaciones de ascenso son realizadas por buzos calificados o nadadores de combate. Estas operaciones requieren la supervisión de

un Supervisor de Ascenso, pero las condiciones operacionales excluyen el uso de instructores. El entrenamiento de ascenso es diferente de las operaciones de ascenso como son desempeñadas por los grupos de Guerra Especial de la Marina.

Ningún entrenamiento de ascenso puede ser realizado a menos de que estén presentes instructores completamente calificados, cámara de recompresión disponible dentro de 10 minutos, un Técnico Médico de Buceo en la estación, y un Oficial Médico de Buceo sea capaz de proporcionar respuesta inmediata a un accidente.

- 6-2.2** **Salvamento/Recuperación de Objetos.** En una operación de salvamento o recuperación de objetos, los buzos trabajan para recobrar embarcaciones hundidas o naufragadas, submarinos, aeronaves caídas, restos humanos o artículos críticos de equipo que ayuda a determinar la causa de un accidente. Los artículos salvados pueden incluir materiales clasificados o sensibles. ([Figura 6-2](#)).
- 6-2.3** **Misiones de Búsqueda.** Los rastreos submarinos son realizados para localizar objetos bajo el agua o formaciones geológicas subacuáticas. Los rastreos pueden ser ejecutados por varios métodos dependiendo del terreno bajo el mar y el propósito de la misión. Ya que el usar buzos para una búsqueda sin ayuda visual sobre una gran área es tiempo consumido y labor intensa, este tipo de operaciones de búsqueda debe incorporar el uso de sonar y otros equipos de búsqueda si es posible. Pueden usarse Vehículos Operados Remotamente (VORs) para extender la búsqueda en aguas profundas y áreas que son particularmente peligrosas para un buzo. Puede realizarse un buceo de reconocimiento antes de otros buceos programados para reunir información que pueda ahorrar tiempo en el agua e identificar cualquier peligro especial de la misión de buceo.
- 6-2.4** **Disposición de Material de Guerra Explosivo.** Las tareas que desempeñan los buzos de Disposición de Material de Guerra Explosivo incluyen recuperación, identificación, desarmado y destrucción de los dispositivos explosivos que puedan ser liberados de puertos, barcos y rutas marinas ([Figura 6-3](#)). El buceo en la vecindad de material de guerra combina el riesgo del buceo y del peligro explosivo. Los buzos EOD deben realizar buceos para investigar, hacer seguro o destruir material de guerra explosivo encontrado bajo el agua, sin importar el tipo o detonante. Refiérase al [Capítulo 18](#) para más información sobre las operaciones EOD.
- 6-2.5** **Inmersiones de Seguridad.** Las inmersiones de seguridad son empleadas para buscar explosivos subacuáticos u otros dispositivos que puedan haber sido adheridos a barcos o muelles. Todos los buzos calificados pueden realizar inmersiones de seguridad en barcos. Una vez que la tarea es identificada como dispositivo explosivo involucrado, el área debe ser marcada. Si no hay en el sitio personal EOD calificado, ellos deben ser requeridos. Solo el personal EOD puede intentar manejar o disponer de explosivos subacuáticos.
- 6-2.6** **Construcción Subacuática.** La construcción subacuática es la construcción, inspección, reparación y remoción de instalaciones dentro del agua en apoyo a operaciones militares. Una instalación dentro del agua puede ser definida como un puerto fijo, terreno ribereño o estructura oceánica localizada en o cerca del océano. Las tuberías, cables, sistemas sensores y estructuras de base fija/avanzada son ejemplos de instalaciones en el agua ([Figura 6-4](#)).
- 6-2.6.1** **Requerimientos de Entrenamiento y Calificación del Buzo.** Los buzos Seabee son entrenados específicamente en las técnicas especiales usadas para realizar tareas de construcción subacuática.



Figura 6-2. Buceo de Salvamento. Buzos con suministro desde superficie en una misión de recuperación de un avión.

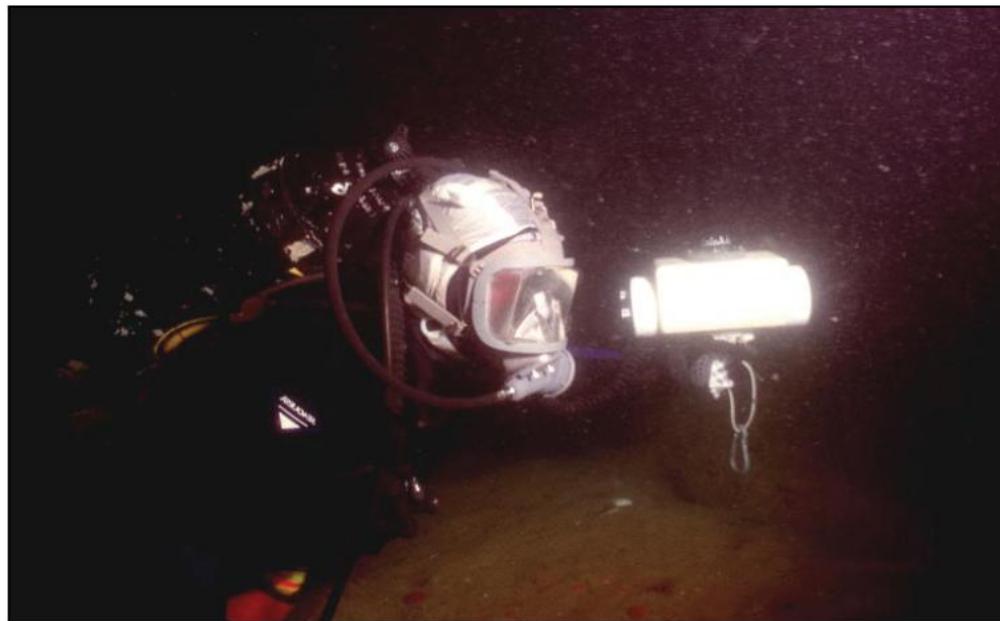


Figura 6-3. Buceo de Eliminación de Material Explosivo. Un buzo EOD usando un sonar de mano para localizar objetos subacuáticos.

- 6-2.6.2 Requerimientos de Equipo.** Las herramientas y equipo utilizado incluyen las herramientas submarinas comunes además del equipo de construcción oceánica especializado. Las herramientas y componentes específicos para grandes proyectos de ingeniería oceánica se mantienen en el Inventario de Equipo de Construcción Oceánica (OCEI) localizado en St. Julian Creek, Norfolk, Virginia.
- 6-2.6.3 Recursos para la Planeación de Construcción Subacuática.** Las referencias para la planeación de construcción subacuática pueden encontrarse en:
- *UCT Manual de Técnicas de Inspección y Reparación Convencional* NAVFAC P-990
 - *Expediente de Técnicas de Reparación Subacuática* NAVFAC P-991
 - *UCT Manual de Operaciones Árticas* NAVFAC P-992
 - *Diseño e Instalación de Sistemas de Protección de Cable Oceánico Cerca de la Costa* FPO-1-78(3)
- Para más información sobre construcción oceánica, los comandos deben consultar el Programa de Instalaciones Oceánicas NAVFAC.
- 6-2.7 Misiones de Demolición.** Las operaciones de buceo pueden incluir obligaciones de demolición para remover estructuras hechas por el hombre, tales como barreras, embarcaciones hundidas y muelles dañados. Las operaciones de demolición son realizadas detonando, liberando, aplastando o cortando con explosivos. Los buzos también pueden estar asignados para destruir formaciones naturales, tales como arrecifes, obstáculos y estructuras rocosas que interfieran con las rutas de transportación. Todo el personal involucrado en el manejo de explosivos debe estar calificado de acuerdo con OPNAVINST serie 8023.2
- 6-2.8 Misiones de Nadadores de Combate.** Los nadadores de combate realizan reconocimientos y neutralización de barcos enemigos, instalaciones con base en la costa y de personal. Algunas misiones pueden requerir un acercamiento subacuático para alcanzar instalaciones costeras no detectadas. Las misiones de reconocimiento e incursiones pueden exponer a los nadadores de combate a riesgo adicional, pero puede ser necesario para ampliar el avance de los objetivos de guerra.
- 6-2.9 Buceo en Espacios Cerrados.** Los buzos son requeridos frecuentemente para trabajar en espacios cerrados o confinados. Usando Aparatos de Respiración Subacuática (UBA) con suministro desde superficie (MK 20 MOD 0 ó MK 21 MOD 1), los buzos pueden entrar en tanques de lastre de submarinos, tanques de lodo o tanques estancos, los cuales pueden estar inundados o secos. El acceso a estos espacios está normalmente restringido, haciendo difícil para el buzo entrar o salir. Los buceos en espacios cerrados deben ser apoyados por un sistema de aire suministrado desde superficie. Refiérase a la [Sección 8-10.4](#) para más información sobre los peligros del buceo en espacios cerrados.



Figura 6-4. Buceo de Construcción Subacuática.

6-3 PLANEACION GENERAL Y PROCESO MRO

Una misión de buceo exitosa es el resultado directo de una cuidadosa y completa planeación. La naturaleza de cada operación determina el alcance de los esfuerzos de planeación, pero ciertas consideraciones generales aplican para cada operación.

- **Tiempo de Fondo.** El tiempo de fondo siempre es valioso. El desarrollo de medidas para conservar el tiempo de fondo o incrementar la efectividad del buzo es crítico para el éxito.
- **Planeación Previa.** Una operación que sea retrasada debido a problemas imprevistos puede fracasar. La planeación previa del uso del tiempo disponible para alcanzar objetivos específicos es un requisito previo para el éxito.
- **Equipo.** La correcta selección del equipo para el trabajo es crítica para el éxito.
- **Condiciones Ambientales.** Quienes planean las operaciones de buceo deben planear para mitigar con seguridad las condiciones ambientales extremas. A la seguridad del personal y de la instalación de soporte se le debe dar la más alta prioridad.
- **Protección del Buzo.** Es crítico proteger a los buzos de todos los peligros anticipados. La aplicación del proceso MRO identificará los peligros antes de la operación.
- **Asistencia de Emergencia.** Es crítico coordinar la asistencia de emergencia desde fuentes externas antes de iniciar la operación.
- **Estado del Tiempo.** Ya que las operaciones de buceo son dependientes de las condiciones del tiempo, la planeación del buceo debe considerar el caso de empeoramiento de los escenarios.

6-3.1 Concepto de MRO.

- MRO es una herramienta para tomar decisiones utilizada por la gente a todos los niveles para incrementar la efectividad operacional anticipando los peligros y reduciendo el potencial por pérdidas, por consiguiente, incrementando la posibilidad de éxito de la misión.
- Incrementa nuestra capacidad de tomar decisiones bien informadas proporcionando la mejor línea de base de conocimiento y experiencia disponibles.
- Minimiza los riesgos a niveles aceptables, en proporción del cumplimiento de la misión. La cantidad de riesgo que tomaremos en guerra es mucho más grande que la que debemos tomar en paz, pero el proceso es el mismo. Aplicando el proceso MRO reducirá contratiempos, bajará costos, y facilitará el uso más eficiente de recursos.

6-3.2 Términos de Manejo de Riesgo:

- **Peligro** – Una condición con potencial para causar lesión personal o muerte, daño a la propiedad, o degradación de la misión.
- **Riesgo** – Una expresión de posible pérdida en términos de gravedad y probabilidad.
- **Evaluación del Riesgo** – El proceso de tratar con el riesgo asociado dentro de operaciones militares, el cual incluye valoración del riesgo, toma de decisión del riesgo e implementación de controles de riesgo efectivos.

6-3.3

Proceso MRO. Las cinco etapas del proceso son:

1. Identifique Peligros – Comience con un perfil o gráfica de los pasos principales en la operación (análisis operacional). Después, conduzca un Análisis Preliminar de Peligros, enlistando todos los peligros asociados con cada etapa en el análisis operacional, junto con las posibles causas para esos peligros.
2. Evalúe Peligros – Por cada peligro identificado, determine el grado de riesgo asociado en términos de probabilidad o severidad. Aunque no es requerido; el uso de una matriz puede ayudar en la evaluación de peligros.
3. Tome Decisiones de Riesgo – Primero, desarrolle opciones de control de riesgo, Inicie con el riesgo más serio primero y seleccione el control que reducirá el riesgo a un mínimo consistente con el cumplimiento de la misión. Con el control seleccionado, decida si el beneficio de la operación sobrepasa el riesgo. Si el riesgo sobrepasa el beneficio o si se requiere asistencia para implementar controles, comuníquese con la más alta autoridad en la cadena de comando.
4. Implemente Controles – Las siguientes medidas pueden utilizarse para eliminar peligros o reducir el grado de riesgo. Estas están listadas por orden de preferencia:
 - Controles Administrativos – Controles que reducen riesgos mediante acciones administrativas específicas, tales como:
 - Proveyendo advertencias adecuadas, marcas, carteles, signos y avisos.
 - Estableciendo políticas escritas, programas, instrucciones y procedimientos operacionales estándar (POE)
 - Entrenando al personal para reconocer peligros y tomar las medidas precautorias apropiadas.
 - Limitando la exposición al peligro (reduciendo el número de personal/activos o la cantidad de tiempo que ellos están expuestos).
 - Controles de Ingeniería – Controles que utilizan métodos de ingeniería para reducir riesgos por diseño, selección de material o substitución cuando es factible técnica y económicamente.
 - Equipo de Protección Personal – Sirve como una barrera entre el personal y el peligro. Debe ser utilizado cuando otros controles no reducen el peligro a un nivel aceptable.
5. Supervise – Realice seguimiento de las evaluaciones de los controles para asegurar que permanecen colocados y tienen el efecto deseado. Monitoree por cambios, los cuales pueden requerir MRO adicional. Tome acciones correctivas cuando sea necesario.

6-4 COLECCION Y ANALISIS DE DATOS

La información pertinente para el objetivo de la misión debe ser reunida, organizada y analizada para determinar que puede afectar la realización exitosa del objetivo. Este proceso ayuda en:

- Planeación de las contingencias

- Desarrollo del plan de buceo
- Selección de la técnica, equipo y personal de buceo.
- Identificación de peligros potenciales y cualquier necesidad de procedimientos de emergencia especiales.

6-4.1 Reunión de Información. El tamaño de la operación, la localización del sitio de buceo y las condiciones ambientales prevalentes influyen en la extensión y tipo de información que debe ser reunida cuando se planea una operación. Algunas operaciones son de naturaleza repetitiva, por lo que mucha de la información requerida está fácilmente disponible. Un ejemplo de una operación recurrente es el remover una propela de una clase particular de embarcación. Sin embargo, aún para una operación estándar, el barco puede haber sido modificado o pueden existir condiciones ambientales especiales, requiriendo un cambio en el procedimiento o herramientas especiales. Los cambios potenciales en los requerimientos de la tarea que afectan los procedimientos de trabajo no deben ser pasados por alto durante la planeación.

6-4.2 Datos de la Planeación. Muchas operaciones requieren que la información detallada sea colectada por adelantado. Por ejemplo, en la planeación de un salvamento de una embarcación hundida o varada, el equipo de buceo necesita conocer la construcción del barco, el tipo y localización de la carga, el tipo y localización del combustible, la causa del hundimiento o embarrancamiento y la naturaleza y grado de daño sufrido. Tal información puede ser obtenida de los planos del barco, los manifiestos y planos de la carga, entrevistas con testigos y sobrevivientes, fotografías y reportes oficiales de accidentes similares.

6-4.3 Recuperación de Objetos. Las operaciones que involucran la recuperación de un objeto del fondo requieren el conocimiento de las dimensiones y peso de este. Otra información útil incluye el volumen inundable, los puntos de izaje establecidos, el material de construcción, tiempo de estadía en el fondo, el probable grado de hundimiento en el lodo o cieno y la naturaleza y extensión del daño. Estos datos ayudan a determinar el tipo de elevador a ser usado (ej., cabria, grúa flotante, bolsas inflables de levante, pontones), indican si son necesarias mangueras de alta presión para desalojar con chorro el lodo o cieno y ayudan a determinar la disposición del objeto después de ser traído a superficie. La planeación preliminar puede encontrar el objeto muy pesado para ser colocado sobre la cubierta del barco de soporte, indicando la necesidad de una barcaza y equipo de izaje pesado.

6-4.3.1 Buscando Objetos o Sitios Submarinos. Cuando la operación involucra la búsqueda de un objeto o sitio submarino, los datos reunidos con anticipación ayudan a limitar el área de búsqueda. Hay numerosas fuentes de datos para planeación disponibles para ayudar a los supervisores a reunir datos para la operación (ver Figura 6-5). Por ejemplo, la información útil en la limitación del área de búsqueda por un avión perdido incluye último rumbo conocido, altitud y velocidad; rastro graficado por radar de los barcos y estaciones en tierra; cintas grabadas y transmisiones de radio; y los informes de los testigos oculares. Una vez que el área general es señalada, puede usarse un sistema de sonar para localizar el campo de escombros, y un ROV puede identificar el objetivo localizado por el sonar. Cuando el objeto de la búsqueda ha sido encontrado, el sitio debe ser marcado, preferentemente con un transpondedor acústico (pinger) y/o una boya. Si las condiciones del tiempo lo permiten, los buceos preliminares por miembros del equipo veteranos y experimentados pueden ser de gran valor en la verificación, refinación y análisis de los datos para mejorar el plan de buceo. Este método ahorra al buzo esfuerzos para recobrar los artículos de interés.

6-4.4 Datos Requeridos Para Todas las Operaciones de Buceo. Para todas las operaciones de buceo los datos que incluyen las siguientes categorías generales deben ser reunidos y analizados:

- Condiciones de la superficie
- Condiciones bajo el agua
- Recursos de equipo y personal
- Asistencia en emergencias

FUENTES DE DATOS PARA PLANEACION		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planos de Aeronaves ▪ Manifiestos de Carga ▪ Publicaciones de Pilotos de Costa ▪ Comandos Competentes ▪ Bitácoras de Comunicaciones ▪ Planos de Construcción ▪ Tablas de Corrientes ▪ Mensajes de Consultoría de Buceo ▪ Rumbos DRT ▪ Observaciones DSV/DSRV ▪ Análisis Electrónico ▪ Procedimientos de Operación de Equipo (POs) ▪ Manuales de Operación y Mantenimiento de Equipo ▪ Testigos Oculares ▪ Registros de Viajes o Vuelo ▪ Plan de Vuelo ▪ Publicaciones Hidrográficas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Listas de Boyas ▪ Pescadores y Club de Yates Local ▪ Lecturas LORAN ▪ Diagramas de Magnetómetros ▪ Textos de Navegación (Duttons/Bowditch) ▪ Cartas de Navegación ▪ Datos NAVOCEANO ▪ Noticias a Marinos ▪ OPORDERS ▪ Fotografías ▪ Orientaciones de Radar ▪ Orientaciones RDF ▪ Vídeo y Películas de ROV ▪ Directrices de Navegación ▪ Datos Computados de Salvamento ▪ Formas de Curvas de Barcos ▪ Equipos de Barcos ▪ Bitácoras y Registros de Barcos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personal Embarcado ▪ Dibujos de Barcos (Incluyendo planes de dique) ▪ Gráficas de Sonar ▪ Registros SINS ▪ SITREP ▪ Lecturas y/o Cartas de Sonar ▪ Lecturas TACAN ▪ Libros de Referencia Técnica ▪ Registros de Prueba ▪ Tablas de Mareas ▪ Técnicas de Trabajo subacuático ▪ Lista de Referencia del Manual de Buceo USN ▪ Instrucciones de la USN ▪ Manual de Salvamento de Barcos de la USN ▪ Rumbos visuales ▪ Reportes del Estado del Tiempo

Figura 6-5. Fuentes de Datos para Planeación.

6-4.4.1

Condiciones de la Superficie. Las condiciones de la superficie en el área de operaciones afectan a los buzos y a los miembros del equipo en superficie. Las condiciones de la superficie son influenciadas por la localización, la temporada del año, vientos, olas, mareas, corrientes, cubierta de nubes, temperatura, visibilidad y la presencia de otras embarcaciones. Completando la Hoja de Trabajo de Valoración Ambiental ([Figura 6-6](#)) ayuda a asegurar que los factores ambientales no son pasados por alto durante la planeación. Para una misión de buceo extensa, puede requerirse un reporte meteorológico separado, de la oficina meteorológica local o regional.

6-4.4.1.1

Factores Naturales. Las condiciones normales para el área de operaciones pueden ser determinadas de la publicación de tablas de mareas y corrientes, directrices de navegación, noticias para marinos y las cartas especiales que muestran variaciones estacionales en la temperatura, viento y corrientes oceánicas. Los reportes del estado del tiempo y los pronósticos de amplio rango deben ser estudiados para determinar si las condiciones serán aceptables para bucear. Los reportes del estado del tiempo deben ser continuamente monitoreados mientras una operación está en progreso.

NOTA

El buceo debe ser suspendido si existen chubascos repentinos, tormentas eléctricas, mar gruesa, mareas inusuales u otras condiciones que, en la opinión del Supervisor de Buceo, comprometa la seguridad de los buzos o del personal en superficie.

6-4.4.1.2

Estado del Mar. Un factor significativo es el estado del mar ([Figura 6-7](#)). La acción de las olas puede afectar todo, desde la estabilidad del anclaje a la vulnerabilidad de la tripulación por mareo o lesión. A menos que esté apropiadamente anclado, un barco o bote deriva o gira alrededor de un ancla, enredando líneas y arrastrando buzos. Por esto, cualquier embarcación que sea usada para apoyo de suministro desde superficie o atención de operaciones de buceo,

LISTA DE VERIFICACION AMBIENTAL

Fecha: _____

Superficie

Atmósfera

Visibilidad _____
Salida del sol _____
Salida de la luna _____
Temp. (aire) _____
Humedad _____
Barómetro _____
Precipitación _____
Desc. de Nubes _____
% Cubierto _____
Direc. del Viento _____
Viento (Nudos) _____
Otros:

Superficie del Mar

Estado del Mar _____
Acción de Olas:
Altura _____
Longitud _____
Dirección _____
Corriente:
Dirección _____
Velocidad _____
Tipo _____
Visibilidad Sup. _____
Temp. Agua Sup. _____
Caract. Locales:

Sub-superficie

Subacuático y Fondo

Profundidad _____
Temp. del Agua:
prof. _____
prof. _____
prof. _____
fondo _____
Termoclinas _____

Corriente:
Dirección _____
Fuente _____
Velocidad _____
Patrón _____
Mareas:
Marea Alta / Hora _____
Marea Baja / Hora _____
Dir. Menguante Vel. _____
Dir. Creciente Vel. _____

Visibilidad

Subacuática
ft _____ a _____ prof.
ft _____ a _____ prof.
ft _____ a _____ prof.
Fondo
ft _____ a _____ prof.
Tipo de Fondo: _____

Obstrucciones:

Vida Marina:

Otros Datos:

NOTA: Se puede solicitar un reporte meteorológico de la Oficina Meteorológica Local

Figura 6-6. Hoja de Trabajo de Valoración Ambiental. La Hoja de Trabajo de Valoración Ambiental indica las categorías de datos que pueden ser reunidos para una operación. Los planeadores pueden desarrollar una valoración metodológica para adaptar a la situación en particular. Los datos colectados son vitales para la efectiva planeación de operaciones, y es también de valor cuando se archiva el Reporte Posterior al Salvamento.

Estado del mar	Descripción	Fuerza del viento (Beaufort)	Descripción del Viento	Rango del Viento (nudos)	Velocidad del Viento (nudos)	Altura Promedio de Olas (pies)
0	Mar como espejo Se forman ondulaciones con la apariencia de escamas, pero sin espuma en las crestas	0 1	Calma Aire Ligero	<1 1-3	0 2	0 0.05
1	Pequeñas ondulaciones, aún cortas pero más pronunciadas; las crestas tienen apariencia cristalina pero no se rompen.	2	Brisa Ligera	4-6	5	0.18
2	Ondulaciones más largas, las crestas empiezan a romper. Espuma de apariencia cristalina, quizá cabrillas dispersas	3	Brisa Suave	7-10	8.5 10	0.6 0.88
3	Pequeñas olas, haciéndose más grandes; claramente cabrillas frecuentes.	4	Brisa Moderada	15-16	12 13.5 14 16	1.4 1.8 2.0 2.9
4	Olas moderadas, tomando una forma larga más pronunciada; se forman muchas cabrillas. Probabilidad de algo de rocío.	5	Brisa Fresca	17-21	18 19 20	3.8 4.3 5.0
5	Se empiezan a formar olas grandes; la espuma blanca en las crestas es más extensa por todos lados. Algo de rocío.	6	Brisa Fuerte	22-27	22 24 24.5 26	6.4 7.9 8.2 9.6
6	El mar se amontona y la espuma blanca del rompimiento de las olas empieza a ser soplada en la dirección del viento. Empieza a salpicar.	7	Tempestad Moderada	28-33	28 30 30.5 32	11 14 14 16
7	Olas moderadamente altas de longitud más grande; las puntas de las crestas se rompen en rocío. La espuma es barrida en rachas muy marcadas a lo largo de la dirección del viento. El rocío afecta la visibilidad.	8	Tempestad Fresca	34-40	34 36 37 38 40	19 21 23 25 28
8	Olas altas. Rachas densas de espuma a lo largo de la dirección del viento. El mar empieza a rolar. La visibilidad es afectada.	9	Tempestad Fuerte	45-47	42 44 46	31 36 40
9	Olas muy altas con crestas largas colgando. La espuma está en grandes manchas y es barrida en densas y blancas rachas a lo largo de la dirección del viento. La superficie del mar toma una apariencia blanca. El roulado del mar se torna fuerte y de choque. La visibilidad es afectada.	10	Tempestad Total	48-55	48 50 51.5 52 54	44 49 52 54 59
	Olas excepcionalmente altas. El mar está completamente cubierto con grandes manchas blancas de espuma a lo largo de la dirección del viento. Por donde sean los bordes de las crestas de las olas son barridas en espuma. La visibilidad es seriamente afectada.	11	Tormenta	56-63	56 59.5	64 73
	El aire se llena con espuma y rocío. El mar está completamente blanco con rocío en el aire. La visibilidad es muy seriamente afectada.	12	Huracán	64-71	>64	>80

Figura 6-7. Carta del Estado del Mar.

debe ser asegurada con por lo menos dos puntos de anclaje. Las excepciones al buceo desde dos puntos de anclaje pueden ocurrir cuando se atraca al lado de un muelle u otra embarcación que está apropiadamente anclada, o cuando un barco está desempeñando buceo durante el transito en mar abierto y no puede anclarse debido a la profundidad. Un anclaje de tres o cuatro puntos, aunque más difícil de establecer, puede ser preferible dependiendo de las condiciones del sitio de buceo.

Los buzos no son particularmente afectados por la acción de las olas en superficie, a menos que estén operando en el rompiente o en aguas poco profundas, o si las olas son excepcionalmente grandes. Las olas en superficie pueden llegar a ser un problema serio cuando el buzo entra o deja el agua y durante las paradas de descompresión cerca de la superficie.

6-4.4.1.3

Seguridad del Tender. La efectiva planeación de un buceo debe tomar precauciones por las temperaturas extremas que puedan encontrarse en la superficie. Normalmente, tales condiciones son un mayor problema para el personal que atiende que para un buzo. Cualquier reducción en la efectividad del personal en superficie puede poner en peligro la seguridad de un buzo. El personal que atiende debe cuidarse contra:

Temperatura Real del Aire °F (°C)	Viento MPH							
	5	10	15	20	25	30	35	40
Temperatura de Enfriamiento Equivalente °F (°C)								
40 (4)	35 (2)	30 (-1)	25 (-4)	20 (-7)	15 (-9)	10 (-12)	10 (-12)	10 (-12)
35 (2)	30 (-1)	20 (-7)	15 (-9)	10 (-12)	10 (-12)	5 (-15)	5 (-15)	0 (-17)
30 (-1)	25 (-4)	15 (-9)	10 (-12)	5 (-15)	0 (-17)	0 (-17)	0 (-17)	-5 (-21)
25 (-4)	20 (-7)	10 (-12)	0 (-17)	0 (-17)	-5 (-21)	-10 (-23)	-10 (-23)	-15 (-26)
20 (-7)	15 (-9)	5 (-15)	-5 (-21)	-10 (-23)	-15 (-26)	-20 (-29)	-20 (-29)	-20 (-29)
15 (-9)	10 (-12)	0 (-17)	-10 (-23)	-15 (-26)	-20 (-29)	-25 (-32)	-25 (-32)	-30 (-34)
10 (-12)	5 (-15)	-10 (-23)	-20 (-29)	-25 (-32)	-30 (-34)	-30 (-34)	-30 (-34)	-35 (37)
5 (-15)	0 (-17)	-15 (-26)	-25 (-32)	-30 (-34)	-35 (37)	-40 (-40)	-40 (-40)	-45 (-43)
0 (-17)	-5 (-21)	-20 (-24)	-30 (-34)	-35 (37)	-45 (-43)	-50 (-46)	-50 (-46)	-55 (-48)
-5 (-21)	-10 (-23)	-25 (-32)	-40 (-40)	-45 (-43)	-50 (-46)	-65 (-54)	-60 (-51)	-60 (-51)
-10 (-23)	-15 (-26)	-35 (-37)	-45 (-43)	-50 (-46)	-60 (-51)	-70 (-57)	-65 (-54)	-70 (-57)
-15 (-26)	-20 (-29)	-40 (-40)	-50 (-46)	-60 (-51)	-65 (-54)	-70 (-57)	-75 (-60)	-75 (-60)
-20 (-29)	-25 (-32)	-45 (-43)	-60 (-51)	-65 (-54)	-75 (-60)	-80 (-62)	-85 (-65)	-90 (-68)
-25 (-32)	-30 (-34)	-50 (-46)	-65 (-54)	-75 (-60)	-80 (-62)	-85 (-65)	-90 (-68)	-95 (-71)
-30 (-34)	-35 (37)	-60 (-51)	-70 (-57)	-80 (-62)	-90 (-68)	-95 (-71)	-100 (-73)	-100 (-73)
-35 (-37)	-40 (-40)	-65 (-54)	-80 (-62)	-85 (-65)	-95 (-71)	-100 (-73)	-105 (-76)	-110 (-79)
-40 (-40)	-45 (-43)	-70 (-57)	-85 (-65)	-95 (-71)	-105 (-76)	-110 (-79)	-115 (-82)	-115 (-82)
-45 (-43)	-50 (-46)	-75 (-60)	-90 (-68)	-100 (-73)	-110 (-79)	-115 (-82)	-120 (-85)	-125 (-87)
-50 (-46)	-55 (-48)	-80 (-62)	-100 (-73)	-110 (-79)	-120 (-85)	-125 (-87)	-130 (-90)	-130 (-90)
-55 (-48)	-60 (-51)	-90 (-68)	-105 (-76)	-115 (-82)	-125 (-87)	-130 (-90)	-135 (-93)	-140 (-96)
-60 (-51)	-70 (-57)	-95 (-71)	-110 (-79)	-120 (-85)	-135 (-93)	-140 (-96)	-145 (-98)	-150 (-101)
 POCO PELIGRO  INCREMENTANDO EL PELIGRO (la carne puede congelarse en un minuto)  GRAN PELIGRO (la carne puede congelarse en 20 segundos)								

Figura 6-8. Carta de Temperatura Equivalente de Enfriamiento del Viento.

- Quemaduras del viento y solares
- Hipotermia y congelación
- Agotamiento por calor

6-4.4.1.4

Factor de Enfriamiento del Viento. Con tiempo frío y ventoso, el factor de enfriamiento del viento debe considerarse. La exposición al viento frío incrementa grandemente los peligros de hipotermia y todos los tipos de lesión por frío. Por ejemplo, si la temperatura real es 35°F y la velocidad del viento es de 35 mph, el factor de enfriamiento del viento es equivalente a 5°F ([Figura 6-8](#)). Para información sobre operaciones de buceo en hielo o agua helada, refiérase al [Capítulo 11](#).

6-4.4.1.5

Visibilidad en Superficie. Son importantes las variaciones en la visibilidad en superficie. La reducción de la visibilidad puede impedir seriamente o forzar a posponer las operaciones de buceo. Para operaciones que son conducidas en un cinturón de niebla conocido, la cédula de buceo debe conceder retrasos por la baja visibilidad. La seguridad del buzo y del personal de soporte es la primera consideración cuando se determina si la visibilidad en superficie es adecuada. Por ejemplo, un buzo saliendo a superficie puede no ser capaz de encontrar su embarcación de apoyo, o el buzo y la embarcación misma pueden estar en peligro de ser golpeados por el tráfico en superficie. Debe considerarse un reflector de radar apropiado para embarcaciones pequeñas.

6-4.4.2

Profundidad. La profundidad es un factor principal en la selección del personal de buceo y los aparatos, e influye en el perfil de descompresión de cualquier buceo. Las operaciones en aguas profundas pueden requerir también equipo especial de soporte, tal como lámparas submarinas, cámaras, ROV, etc.

La profundidad debe ser medida cuidadosamente y graficada sobre el área general de la operación para obtener un perfil de profundidad preciso del sitio de buceo. Los sondeos por un fatómetro montado en el barco son razonablemente precisos pero debe verificarse por una línea de sondeo, un neumofatómetro ([Figura 6-9](#)), o un sonar de alta resolución (explorador de fondo o localizador de peces). Las lecturas de profundidad tomadas de una carta deben usarse solamente como una indicación de la probable profundidad.

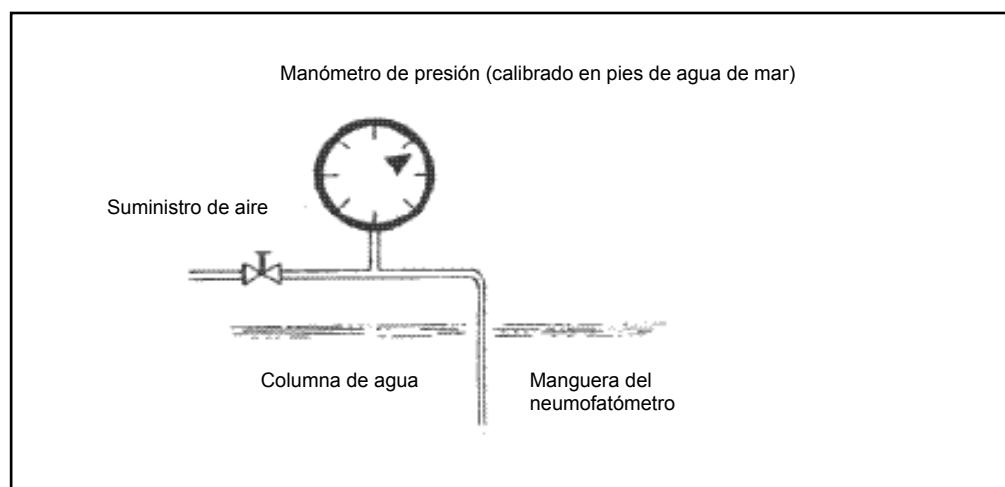


Figura 6-9. Neumofatómetro (Profundímetro neumático). La manguera del profundímetro es fijada a un buzo u objeto pesado y bajada para medir la profundidad. El agua es forzada a salir de la manguera presurizándola con aire hasta que se nota una lectura generalmente constante en el manómetro de presión. El suministrado de aire se cierra, y la profundidad real (igual a la altura de la columna de agua desplazada por el aire) es leída en el manómetro.

6-4.4.3 **Tipo de Fondo.** El tipo de fondo puede tener un efecto significante sobre la habilidad de un buzo para moverse y trabajar eficiente y seguramente. El conocimiento anticipado de las condiciones del fondo es importante en la esquematización del trabajo, la selección de la técnica y equipo, y la anticipación a posibles peligros. El tipo de fondo está frecuentemente anotado en la carta del área, pero las condiciones pueden cambiar en solo unos pocos pies.

La verificación independiente del tipo de fondo debe obtenerse por muestreo u observación. La Figura 6-10 señala los tipos básicos de fondos y las características de cada uno.

TIPO	CARACTERISTICAS	VISIBILIDAD	MOBILIDAD DEL BUZO SOBRE EL FONDO
Roca	Plano o dispareso, sedimento	Generalmente no limitante para los movimientos del buzo.	Buena, ejercer cuidado para prevenir que la línea se rasgue y caiga en los bordes.
Coral	Sólido, afilado y dispareso, solamente se encuentra en aguas tropicales.	Generalmente no limitante para los movimientos del buzo.	Buena, ejercer cuidado para prevenir que la línea se rasgue y caiga en los bordes.
Grava	Raramente plano, base granular.	Generalmente no limitante para los movimientos del buzo.	Buena, ocasionalmente fondos inclinados de grava suelta impiden caminar y causan inestabilidad.
Conchas	Compuesto principalmente de conchas rotas mezcladas con arena o lodo.	La mezcla de conchas-arena no impide la visibilidad cuando se mueve en el fondo. La mezcla conchas-lodo impide la visibilidad. Con grandes concentraciones de lodo, se dificulta más la visibilidad.	La mezcla de conchas-arena proporciona buena estabilidad. Alto contenido de lodo puede causar hundimiento y perjudicar el movimiento.
Arena	Tipo común de fondo, montones duros.	Generalmente no limitante para los movimientos del buzo.	Buena.
Lodo y Cieno	Tipo común de fondo, compuesto de varias cantidades de cieno y barro, encontrado comúnmente en ríos y áreas de puertos.	Pobre a cero. El trabajo a favor de la corriente aleja el cieno del sitio de trabajo, minimizando el disturbio del fondo. Se incrementa el riesgo presentado por escombros ocultos, montones y otros obstáculos.	Pobre, puede fácilmente causar atrapamiento del buzo. Puede requerir arrastrarse para prevenir penetración excesiva, fatigando al buzo.

Figura 6-10. Carta de Condiciones y Efectos del Fondo.

6-4.4.4 **Mareas y Corrientes.** Los tipos básicos de corrientes que afectan las operaciones de buceo son:

- **Corrientes de Ríos u Oceánicas Principales.** La dirección y velocidad normal de un río, del océano, y las corrientes de marea variarán con la temporada del año, fase de la marea, configuración del fondo, profundidad del agua y el estado del tiempo. Las tablas de marea y corriente muestran solamente las condiciones de la superficie y deben ser usadas con precaución cuando se planean operaciones de buceo. La dirección y velocidad de la corriente debajo de la superficie pueden ser bastante diferentes que las observadas sobre la superficie.
- **Mareas menguantes.** Las corrientes producidas por el reflujo y flujo de las mareas pueden añadir a o sustraer desde cualquier corriente existente.
- **Resaca o Corriente de Rompiente.** La resaca o corrientes de rompiente es causada por la precipitación del agua por retornar al mar desde las olas que rompen a lo largo de la costa. Las corrientes de rompiente variarán con el estado del tiempo, el estado de la

marea y la inclinación del fondo. Estas corrientes pueden correr tan rápido como dos nudos y pueden extenderse tan lejos como media milla de la costa. Las corrientes de rompiente, usualmente no identificadas en las tablas publicadas, pueden variar significativamente de un día a otro en fuerza y localización.

- Corriente de Superficie Generada por el Viento. Las corrientes de superficie generadas por el viento son temporales y dependen de la fuerza, duración y el arrastre del viento. Si el viento ha estado soplando constantemente por algún tiempo, esta corriente debe ser tomada en consideración especialmente cuando se planea natación en superficie y buceos scuba.

6-4.4.4.1 Requerimientos de Equipo para Trabajar en Corrientes. Un buzo usando equipo de suministro desde superficie, tal como el MK 21 SSDS con lastre pesado, usualmente puede trabajar en corrientes hasta de 1.5 nudos sin excesiva dificultad. Un buzo equipado con un cinturón de lastre adicional puede ser capaz de realizar trabajo útil en corrientes tan fuertes como 2.5 nudos. Un buzo scuba es severamente perjudicado por corrientes mayores a 1.0 nudos. Si se planea una operación en un área de corriente fuerte, puede ser necesario programar el trabajo durante periodos de aguas muertas para minimizar los efectos de la marea.

6-5 IDENTIFICACION DE PELIGROS OPERACIONALES

Las condiciones ambientales subacuáticas tienen una influencia principal sobre la selección de buzos, técnica de buceo y el equipo a ser usado. Además de los peligros ambientales, un buzo puede estar expuesto a peligros operacionales que no son únicos para el ambiente del buceo. Esta sección señala los peligros ambientales y operacionales que puedan impactar una operación.

6-5.1 Visibilidad Subacuática. La visibilidad subacuática varía con la profundidad y la turbidez. La visibilidad horizontal normalmente es bastante buena en aguas tropicales; un buzo puede ser capaz de ver a más de 100 pies a una profundidad de 180 pam. La visibilidad horizontal es casi siempre menor que la visibilidad vertical. La visibilidad es más pobre en las áreas portuarias por el cieno de los ríos, las aguas residuales y los residuos industriales derramados en el puerto. La agitación del fondo causada por fuertes corrientes y el paso de grandes barcos puede también afectar la visibilidad. El grado de visibilidad subacuática influencia en la selección de la técnica de buceo y puede incrementar grandemente el tiempo requerido para que un buzo termine una tarea dada. Por ejemplo, un equipo de buceo preparándose para operaciones en puerto, debe planear, por la visibilidad extremadamente limitada, resultando posiblemente en un incremento del tiempo de fondo, un largo periodo de permanencia de la unidad de buceo, y la necesidad de buzos adicionales en el grupo.

6-5.2 Temperatura. La Figura 6-11 ilustra como la temperatura del agua puede afectar el desempeño de un buzo, y es proyectada como una guía para la planeación. La condición física de un buzo, la cantidad de grasa corporal y el equipo de protección térmica, determina que tanta exposición a temperaturas extremas puede ser soportada con seguridad. En agua fría, la capacidad para concentrarse y trabajar eficientemente disminuirá rápidamente. Aún en agua de temperatura moderada (60-70 °F, 15.5-21.5 °C), la pérdida de calor del cuerpo puede llevar rápidamente al agotamiento del buzo.

6-5.3 Buceo en Agua Caliente. El buceo en agua caliente se define como aquellas operaciones de buceo que ocurren en aguas con temperaturas que exceden 88°F. Durante estudios recientes en NEDU, han sido desarrollados límites fisiológicos para operaciones de buceo en aguas con temperaturas hasta 99°F. No deben intentarse buceos en aguas con temperaturas arriba de 99°F sin contactar primero a NAVSEA 00C.

6-5.3.1 Guías Operacionales y Precauciones de Seguridad. Estas guías están basadas sobre datos colectados de buzos aclimatados al calor, vestidos con trajes de natación y camisetas, quienes estaban bien descansados, repletos calóricamente, bien hidratados y sin tener exposición al calor inmediatamente antes de empezar el ejercicio. La tasa de ejercicio para los buzos reprodujo un esfuerzo moderado de natación. Las condiciones que contribuyen a la carga térmica, tales como tasas de trabajo pesado, actividades significativas previas y posteriores al buceo, y diversos trajes de buceo (buceo con visor y snorkel/trajes húmedos/trajes secos) pueden reducir los límites de exposición apreciablemente. Las guías para los límites de exposición están basadas en buzos vestidos y temperaturas calientes. Las siguientes precauciones aplican para todas las operaciones de buceo arriba de 88°F:

- Puede ocurrir pérdida de peso de hasta 15 libras (ó 6-8% de peso corporal) debido a pérdida de fluidos y puede afectarse el desempeño físico y mental. Los buzos deben hidratarse completamente (aproximadamente 500 ml ó 17 oz) dos horas antes del buceo. La carga de fluidos en exceso de los 500 ml recomendados puede causar edema pulmonar amenazante de la vida y no se debe intentarse.
- La hidratación con agua o una bebida de glucosa/electrolito debe ocurrir tan pronto como sea posible después del buceo. Deben ser remplazados 500 ml aproximadamente por cada hora de buceo.
- Los límites de exposición representan exposición acumulativa máxima sobre un periodo de 12 horas. Los buzos deben estar hidratados y repletos calóricamente en base al peso, descansados y mantenidos en ambiente frío por al menos 12 horas antes de una exposición repetida a agua caliente es estimado como seguro.

NOTA **Las siguientes son las guías generales para buceo en agua caliente. Los UBAs específicos tienen restricciones más grandes que las listadas abajo; refiérase al apropiado manual de Operación y Mantenimiento del UBA. El máximo tiempo de exposición de buceo en agua caliente será el menor de los límites operacionales del UBA aprobados, límites de duración de la canastilla, duración del cilindro de oxígeno o el límite de exposición fisiológico del buzo.**

- Un buzo trabajando en una proporción moderada, p.ej. nadando a 0.8 nudos o menos:
 - 88°-94°F – Limitado a la duración de la canastilla/cilindro de O₂ o resistencia aeróbica del buzo.
 - 94°-97°F – Limitado a tres horas, basado sobre los límites fisiológicos.
 - 97°-99°F – Limitado a una hora, basado sobre los límites fisiológicos.

NOTA **En casos de operaciones con Vehículos de Entrega SEAL y Refugio Seco en Cubierta, la carga térmica puede cambiar en el curso de la misión. Los tiempos de exposición se deben reducir y remplazar los fluidos durante el buceo cuando sea posible.**

- Un buzo en reposo p.ej. durante la descompresión:
 - 88°-94°F – Limitado a la duración de la canastilla.
 - 94°-97°F – Limitado a la duración de la canastilla.
 - 97°-99°F – Limitado a dos horas basado sobre los límites fisiológicos

GRAFICA DE PROTECCION PARA LA TEMPERATURA DEL AGUA

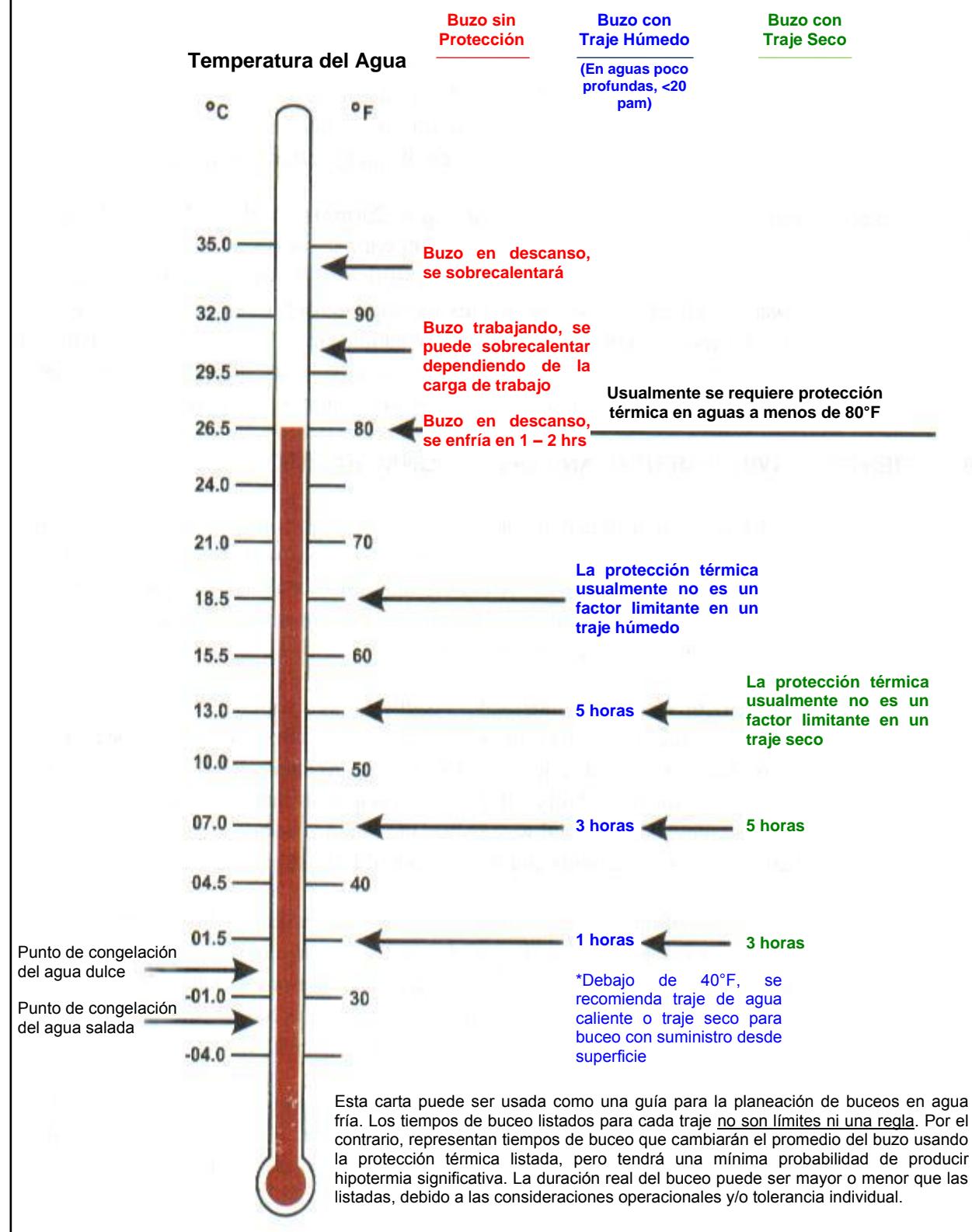


Figura 6-11. Gráfica de Protección para la Temperatura del Agua.

6-5.3.2 Factores de Planeación de Misión. Los siguientes factores de planeación de misión pueden mitigar la carga térmica y permitir grandemente la utilización de los límites de exposición:

1. Realizar operaciones de buceo en la noche, en el crepúsculo o al amanecer para reducir el estrés calórico incurrido por la exposición al sol y las altas temperaturas del aire.
2. Evitar usar una capucha con un traje de buceo para permitir el enfriamiento por evaporación.
3. Cuando sea posible evitar usar licras o trajes anti-irritación. Aunque el efecto de diversos trajes de buceo no es conocido, se espera que la duración de la exposición segura a temperaturas arriba de 96°F serán menores.
4. Seguir las guías del [párrafo 3-10.4](#) referente a aclimatización. Reduzca la intensidad del buceo por cinco días inmediatamente antes de la operación de buceo.
5. Asegurar que los buzos mantienen la condición física durante los períodos de buceo en agua caliente.
6. Métodos de enfriamiento que el buzo debe emplear cuando es posible. Estos incluyen utilizar trajes de agua caliente suministrados con agua fría y el uso de chalecos congelados.

La planeación de la misión también debe incluir el reconocimiento y manejo de lesiones de estrés térmico como parte del entrenamiento e información previo al buceo. El buzo y el personal de superficie deben estar alerta particularmente por los síntomas de estrés térmico. Guías adicionales están contenidas en el [párrafo 3-10.4.4](#) (Calor excesivo – Hipertermia), [párrafo 3-12.1](#) (Deshidratación), y la [Figura 3-6](#) (Consumo de Oxígeno y VRM a Diferentes Proporciones de Trabajo).

6-5.4 Agua Contaminada. Cuando se planea bucear en agua contaminada, debe consultarse al personal médico para asegurarse de tomar las precauciones apropiadas antes del buceo y para realizar el monitoreo posterior de los buzos. En la planeación de operaciones en aguas contaminadas, deben tomarse en cuenta la vestimenta protectora y los procedimientos médicos preventivos apropiados. El equipo de buceo debe seleccionarse para dar al buzo la máxima protección consistente con la amenaza. Pueden requerirse otros recursos fuera del alcance de este manual para tratar con contaminantes nucleares, biológicos o químicos. Los recursos y consejos técnicos para tratar las condiciones del buceo en agua contaminada están disponibles en la *Guía para Buceo en Aguas Contaminadas*, SS521-AJ-PRO-010, o contacte a NAVSEA 00C3.

6.5.5 Contaminación Química. Las fugas de aceite desde manantiales submarinos o tanques dañados pueden dañar el equipo e impedir seriamente los movimientos del buzo. Los materiales tóxicos o combustibles volátiles escapados de barcazas o tanques pueden irritar la piel y corroer el equipo. Las unidades de buceo no deben realizar el buceo hasta que los contaminantes han sido identificados, los factores de seguridad evaluados y un proceso de descontaminación sea instituido. Los buzos que operan en aguas donde es conocida o sospechada la amenaza de un químico o la de un arma química, deben evaluar la amenaza y protegerse ellos mismos como sea apropiado. El UBA MK 21 con escape doble y un traje seco ensamblado proporciona protección limitada para bucear en agua contaminada. Refiérase al *Manual Técnico del UBA MK 21 NAVSEA*, S6560-AG-OMP-010 para más información sobre el uso del UBA MK 21 con un traje seco ensamblado.

6-5.6 Contaminación Biológica. Un buzo trabajando cerca de salidas de drenaje puede estar expuesto a peligros biológicos. Los buzos SCUBA son especialmente vulnerables a

infecciones de oídos y piel cuando bucean en aguas que contienen contaminación biológica. Los buzos pueden también tomar inadvertidamente materiales contaminantes por la boca, planteando problemas fisiológicos y psicológicos. Debe proporcionarse profilaxis de oído externo al personal de buceo para prevenir infecciones de oído.

6-5.7

Buceo de Altitud. Los buzos pueden ser requeridos para buceos en cuerpos de agua a grandes altitudes. La planeación debe dirigirse a los efectos de la presión atmosférica que puede ser mucho más baja que aquella a nivel del mar. Las Tablas de Descompresión con Aire y las Tablas de helio-Oxígeno Suministrado desde Superficie están autorizadas para usarse a altitudes hasta de 300 pies arriba del nivel del mar sin correcciones (ver párrafos 9-13 y 14-6). El transporte de los buzos fuera del área de buceo, el cual puede incluir movimiento dentro de aún mayores elevaciones en tierra o por avión, requiere especial consideración y planeación. El Supervisor de Buceo debe estar alerta por síntomas de hipoxia y enfermedad de descompresión después del buceo, debido a la baja presión parcial de oxígeno y presión atmosférica.

6-5.8

Obstáculos Subacuáticos. Varios obstáculos subacuáticos, tales como naufragios o municiones desechadas, ofrecen serios peligros para el buceo. Los naufragios y basureros de desperdicios son frecuentemente anotados en las cartas, pero la presencia real de obstáculos puede no ser descubierta hasta que una operación inicia. Esta es una buena razón para programar un buceo de inspección preliminar antes de un programa final de trabajo y la preparación detallada del plan de buceo.

6-5.9

Peligros de Choque Eléctrico. Puede ocurrir choque eléctrico cuando se usa soldadura eléctrica o equipos energizados. Todos los equipos eléctricos deben estar en buen estado y ser inspeccionados antes del buceo. Aunque equipados con botones de prueba, los Interruptores de Falla a Tierra (IFT) frecuentemente no proporcionan ninguna indicación cuando la unidad ha experimentado un defecto en los componentes internos del circuito de falla. Por esto, los componentes de IFT que fallan durante la operación (posterior a la prueba de la unidad) pueden no ser notados. Aunque esta sola falla no pone en riesgo al buzo, los IFT no protegerán al buzo si él es puesto en contacto con una falla de corriente lo suficientemente alta. Lo siguiente es alguna información general concerniente a los IFTs:

- Los IFTs son requeridos cuando el voltaje en la línea está arriba de 7.5 VAC o 30 VDC.
- Los IFTs deben ser capaces de saltar dentro de 20 milisegundos (ms) después de detectar una fuga de corriente máxima de 30 miliamperios (ma).

PRECAUCIÓN

Los IFTs requieren una referencia a tierra establecida para funcionar apropiadamente. Los IFTs en cascada podrían resultar en pérdida de la referencia a tierra; por lo tanto, los IFTs o equipo contenido IFTs integrados no deben estar conectados hacia un circuito IFT existente.

En general, tres acciones independientes deben ocurrir simultáneamente para electrocutar a un buzo:

- El IFT debe fallar.
- El equipo eléctrico que está operando el buzo debe experimentar una falla a tierra.
- El buzo debe colocarse en la trayectoria entre la falla y la conexión a tierra.

6-5.9.1

Reducción de los Peligros de Choque Eléctrico. Los únicos medios efectivos de reducción de los peligros de choque eléctrico son asegurando que:

- Los equipos eléctricos tienen el mantenimiento apropiado.

- Todos los dispositivos eléctricos y umbilicales son inspeccionados cuidadosamente antes de todas las operaciones.
- Los umbilicales eléctricos están adecuadamente protegidos para reducir el riesgo de ser desgastados o cortados cuando son jalados sobre objetos ásperos o afilados.
- Se ofrecerá al personal protección adicional a través del uso de trajes de hule (húmedo, seco o de agua caliente) y guantes de hule.
- Los circuitos IFT son probados a intervalos regulares durante toda la operación usando circuitos de prueba integrados.

Los buzos que operan con vehículos operados remotamente (VORs) deben tomar similares precauciones para asegurar que el sistema eléctrico del VOR ofrece la protección requerida. Muchos VORs nuevos usan voltajes extremadamente altos, que hacen aún más críticas estas acciones protectoras para la seguridad de los buzos.

6-5.9.2

Aseguramiento del Equipo Eléctrico. La Lista de Verificación de Seguridad para Reparación de Barcos por Buceo requiere que el equipo eléctrico subacuático sea apagado mientras los buzos están trabajando sobre el costado. Mientras los buzos están en el agua:

- El sistema de protección catódica de corriente impresa (PCCI) del barco debe ser apagado, etiquetado y confirmado que se apagó antes que los buzos puedan trabajar sobre un dispositivo PCCI tal como un ánodo, escudo dieléctrico o célula de referencia.
- Cuando los buzos son requeridos para trabajar cerca de un ánodo PCCI activo y hay riesgo de contacto con el ánodo, el sistema también debe ser apagado.
- En otras situaciones que las descritas arriba, el PCCI debe permanecer activo.
- Los buzos trabajando dentro de 15 pies de un sistema activo deben usar un traje seco completo o traje húmedo con capucha y guantes.
- Todos los otros equipos eléctricos subacuáticos deben ser apagados mientras los buzos están trabajando sobre el costado.

6-5.10

Explosiones. Las explosiones pueden ser activadas intencionalmente en tareas de demolición, accidentalmente, o como resultado de acción enemiga. Cuando se trabaja con o cerca de explosivos, debe seguirse el procedimiento señalado en SWO 60-AA-MMA-010. Los buzos deben permanecer libres de municiones viejas o dañadas. Los buzos deben salir del agua cuando una explosión es inminente.

ADVERTENCIA

Los maneras de corte o soldadura pueden causar una explosión al penetrar compartimentos llenos de gas, resultando en lesiones graves o muerte.

6-5.11

Sonar. El [Apéndice 1A](#) proporciona las guías respecto a las distancias para buceo seguro y los tiempos de exposición para buzos operando en la vecindad de barcos que transmiten con sonar.

6-6.12

Radiación Nuclear. Puede encontrarse radiación como resultado de un accidente, de la proximidad a armas o sistemas de propulsión, pruebas de armamento u ocasionalmente, condiciones naturales. La exposición a radiación puede causar lesiones y enfermedad grave. Los niveles de tolerancia seguros han sido estipulados y no deben excederse. Estos niveles pueden ser encontrados en el *Manual de Control Radiológico*, NAVSEA 0389-LP-660-6542. Las instrucciones locales pueden ser más exigentes y en tal caso deben seguirse. Antes del

buceo, todos los miembros del equipo de buceo deben estar completamente informados de los requerimientos del control radiológico local y/o del comando. Todos los buzos deben tener un Dosímetro de Luminiscencia Térmica (DLT) o un dispositivo similar y estar informados de la localización de puntos tales como el compartimento del reactor, descargas, etc.

6-5.13

Vida Marina. Cierta vida marina, por su naturaleza agresiva o venenosa, puede ser peligrosa para el hombre. Algunas especies de vida marina son extremadamente peligrosas, mientras algunas son simplemente una incómoda molestia. La mayoría de los peligros por la vida marina son grandemente sobreestimados, porque la mayoría de los animales subacuáticos dejan al hombre solo. Todos los buzos deben ser capaces de identificar las especies peligrosas que son probables de encontrar en el área de operación y deben saber cómo comportarse con cada una. Refiérase al [Apéndice 5C](#) por información específica acerca de la vida marina peligrosa, incluyendo factores de identificación, características peligrosas, prevención de lesiones y métodos de tratamiento.

6-5.14

Tráfico de Embarcaciones y Botes Pequeños. La presencia de otros barcos es frecuentemente un serio problema. Puede ser necesario cerrar un área o limitar el movimiento de otros barcos. Debe emitirse un Anuncio local para Marineros. En cualquier momento que una operación de buceo esté por ser realizada en la vecindad de otros barcos, estos deben ser notificados apropiadamente con el Código Internacional de banderas de señales ([Figura 6-12](#)). Una operación puede tener que ser realizada en un área con muchos botes pequeños operados por gente con niveles variados de marinera y conocimiento de las Reglas Náuticas de Trafico. El equipo de buceo debe asumir que estos operadores no están familiarizados con el significado de las señales de buceo y tomará las precauciones requeridas para asegurar que estos botes permanecerán fuera del área de buceo. Los peligros asociados con el tráfico de embarcaciones se intensifican bajo condiciones de visibilidad reducida.

NOTA

Cuando hay en el área pequeños botes civiles, use la bandera civil de Buceo Deportivo (roja con una franja diagonal blanca) así como el “Código Alfa”.

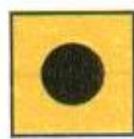
6-5.15

Aguas Territoriales. Las operaciones de buceo realizadas en aguas territoriales de otras naciones deben ser apropiadamente coordinadas antes del buceo. Las unidades de buceo deben estar alertas por la presencia de inteligencia extranjera examinando barcos y la potencial acción hostil cuando el buceo es en aguas de territorio disputado o zonas de combate.

6-5.16

Equipo de Emergencia. La Lista de Verificación de Seguridad y Planeación de Buceo (ver [Figura 6-19](#)) enumera las etapas operacionales y el equipo requerido para realizar operaciones de buceo seguras. El siguiente equipo de emergencia mínimo deberá estar disponible en la estación para cada una de las operaciones de buceo:

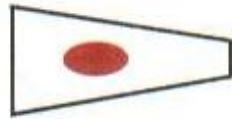
- Equipo de comunicación capaz de obtener ayuda en el caso de una emergencia
- Un botiquín de primeros auxilios surtido completamente
- Suministro de oxígeno portátil con suficiente capacidad para alcanzar la cámara de recompresión o la localización de evacuación planeada listada en la Lista de verificación de Emergencia ([Figura 6-22](#))
- Resucitador o Máscara con Bolsa (para proporcionar rescate respiratorio)
- Un medio de extracción y transporte para un buzo inconsciente (p. ej., parihuela, camilla, camilla de malla, tabla)



IN: "Requiero un buzo"



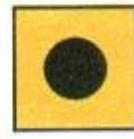
IO: "No tengo buzo"



IN1: "Requiero un buzo para liberar mi propela"



IP: "Se enviará un buzo tan pronto como sea posible o en el tiempo indicado"



IN2: "Requiero un buzo para examinar el fondo"



IQ: "El buzo sufrió una enfermedad de descompresión y requiere cámara de tratamiento"



IN3: "Requiero un buzo para colocar un mallete de colisión"



IR: "Estoy ocupado en un trabajo de inspección submarina (operaciones subacuáticas). Manténgase alejado y a baja velocidad"



IN4: "Requiero un buzo para liberar mi ancla"



A: "Tengo un buzo abajo; manténgase bien alejado y a baja velocidad"



Bandera de Código (Nota 1)



Buceo Deportivo (No Oficial)

Nota General: La Regla 27 de las Reglas de Navegación Internacionales-En Tierra de Marzo de 1999 establece las luces y formas que deben ser desplegadas cuando se está comprometido en operaciones de buceo.

Nota 1: Código Internacional de Señales – Todas las señales deben ser precedidas por la bandera de código para señalizar que estas son señales internacionales. (No utilizar bandera de código en aguas interiores).

Figura 6-12. Código Internacional de Banderas de Señales.

Si no es posible completarlo debido a restricciones operacionales (espacio limitado, operaciones, SBP, buceo de saturación), este equipo estará tan cerca como sea práctico para la operación de buceo y listo para su uso inmediato.

6-6 SELECCIÓN DE LA TÉCNICA DE BUCEO

Los cuatro tipos principales de equipo de buceo con aire utilizados en operaciones de buceo de la Marina de E.U. son ([Figura 6-13](#)):

1. SCUBA de circuito abierto
2. Máscara Facial Completa MK 20 MOD 0 con suministro desde superficie o SCUBA de circuito abierto
3. Equipo con suministro desde superficie MK 21 MOD1, KM-37
4. Máscara Facial Completa EXO BR MS con suministro desde superficie o SCUBA de circuito abierto

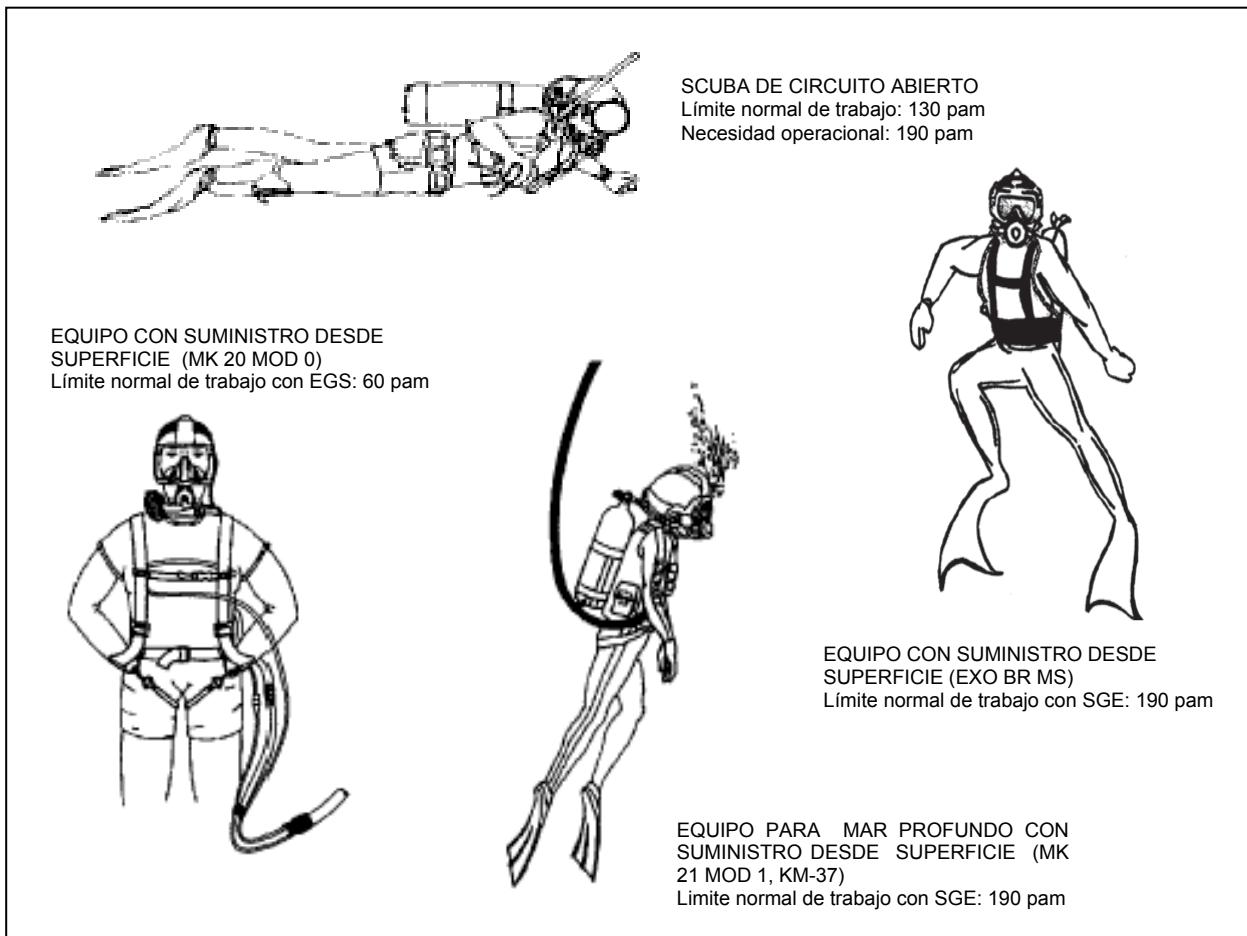


Figura 6-13. Técnicas de Buceo con Aire. Está disponible una selección de cuatro técnicas de buceo con aire: SCUBA de circuito abierto, equipo con suministro desde superficie (MK 20 MOD 0) y equipo para mar profundo con suministro desde superficie (MK 21 MOD 1 Y KM-37), y equipo para mar profundo con suministro desde superficie (EXO BR MS).

6-6.1 Factores a Considerar Cuando se Selecciona la Técnica de Buceo.

Cuando se selecciona la técnica a ser usada en un buceo, deben ser considerados los siguientes factores:

- Duración y profundidad del buceo

- Tipo de trabajo a ser desempeñado
- Condiciones ambientales
- Obligación de tiempo

Un buceo de gran extensión, aún en agua poco profunda, puede requerir un suministro de aire que exceda el que podría ser proporcionado por SCUBA. Han sido establecidos los límites de profundidad específicos para cada tipo de equipo de buceo y no deben ser excedidos sin aprobación específica del Jefe de Operaciones Navales, de acuerdo con la OPNAVINST serie 3150.27 (ver [Figura 6-14](#)).

El incremento en el consumo de aire con la profundidad limita al SCUBA de circuito abierto a 130 pam para trabajos de buceo razonables. Los peligros de narcosis nitrogénica y la descompresión adicional limitan al SCUBA de circuito abierto a 190 pam aún para buceos de corta duración. El equipo con suministro desde superficie es generalmente preferido entre 130 y 190 pam, aunque el SCUBA de circuito abierto puede usarse bajo algunas circunstancias. Los buceos SCUBA con descompresión y los buceos SCUBA más profundos de 130 pam pueden ser realizados por necesidades operacionales y con la aprobación específica del Comandante o el Oficial a Cargo. Todos los buceos SCUBA de circuito abierto más allá de 100 pam emplearán cilindros que tengan una capacidad de al menos 100 pies cúbicos.

En algunas operaciones puede no estar claro cual técnica de buceo usar. La selección de una técnica de buceo puede depender de la disponibilidad de equipo o del entrenamiento del personal. La siguiente comparación de las técnicas SCUBA y suministro desde superficie destaca las diferencias significativas entre los métodos, y señala el efecto que estas diferencias tendrán en la planeación.

6-6.2 Restricciones al Buceo de Apnea. El buceo de apnea debe confinarse a situaciones tácticas y de trabajo que no pueden ser realizadas efectivamente con el uso de aparatos de respiración submarina y situaciones aplicables de entrenamiento de buceo tal como la fase de alberca en SCUBA y limpieza de obstáculos/municiones en agua poco profunda. El buceo de apnea incluye la práctica de tomar dos o tres respiraciones profundas antes del buceo. El buzo debe terminar el buceo y salir a superficie al primer signo de urgencia para respirar. La hiperventilación (rápida, excesiva y profunda respiración antes de un buceo, diferenciada de dos a tres respiraciones profundas antes de un buceo) no debe practicarse por la alta posibilidad de causar inconsciencia bajo el agua.

6-6.3 Características Operacionales del SCUBA. El término SCUBA se refiere a SCUBA con aire de circuito abierto, a menos que otra cosa se anote. La principal ventaja del SCUBA es la movilidad, la flexibilidad y control de la profundidad, la portabilidad y el reducido requerimiento de apoyo de superficie. La principal desventaja es la profundidad limitada, la duración limitada, la carencia de comunicación por voz (a menos de estar equipado con un sistema de comunicación a través del agua), la limitada protección ambiental, asistencia desde superficie remota y los problemas negativos psicológicos y fisiológicos asociados con el aislamiento y la exposición directa al ambiente subacuático.

6-6.3.1 Movilidad. El buzo SCUBA no está impedido por voluminoso y pesado equipo, y puede cubrir una considerable distancia, con aún un mayor rango a través del uso de vehículos de buceo propulsados (VBP), moviéndose libremente en cualquier dirección. Sin embargo, el buzo SCUBA debe ser capaz de ascender directamente a la superficie en caso de emergencia.

ADVERTENCIA **El equipo scuba no está autorizado para usar en buceos en espacios confinados.**

LIMITES NORMALES Y MAXIMOS PARA BUCEO CON AIRE		
Profundidad pam (metros)	Límite por Equipo	Notas
60 (18)	Equipo de buceo MK 21 MOD 1, KM-37, límite de trabajo máximo sin Suministro de Gas de Emergencia (SGE)	a
60 (18)	Equipo con suministro desde superficie MK 20 MOD 0	a
60 (18)	Máxima profundidad para buzo scuba de respaldo usando cilindro sencillo con menos de 100 p ³ de capacidad	
100 (30)	SCUBA de circuito abierto con cilindro de menos de 100 p ³ de capacidad	b
130 (40)	SCUBA de circuito abierto, límite de trabajo normal	b
190 (58)	SCUBA de circuito abierto, límite de trabajo máximo con permiso del Comandante u Oficial a Cargo	b, d
190 (58)	Equipo de buceo MK 21 MOD 1, KM-37 y EXO BR MS (aire) con SGE, límite de trabajo normal	c, d, e
285 (87)	Equipo de buceo MK 21 MOD 1, KM-37 y EXO BR MS (aire) con SGE, límite máximo de trabajo, exposición excepcional con autorización del Jefe de Operaciones Navales (N873)	c, d, e

Notas de Operación General (Aplica a todos):

1. Estos límites están basados sobre una consideración práctica de tiempo de trabajo contra tiempo de descompresión y límites de tolerancia al oxígeno. Estos límites no deben ser excedidos excepto por autorización específica del Jefe de Operaciones Navales (N873).
2. No exceder los límites para exposiciones excepcionales de la Tabla de Descompresión con Aire.
3. En una emergencia, cualquier cámara de recompresión operable puede ser usada para tratamiento si un Supervisor de Cámaras calificado DSWS juzga segura para usar.

Notas específicas:

- a. Cuando se bucea en espacios confinados cada buzo debe usar un SGE.
- b. Bajo circunstancias normales, no exceder los límites de la Tabla de No-Descompresión. Los buceos que requieren descompresión pueden ser hechos si se considera necesario con la aprobación del Comandante u Oficial a Cargo del comando de buceo. El tiempo total de un buceo SCUBA (incluyendo descompresión) no excederá la duración del aparato en uso, sin importar cualquier reserva.
- c. Se requiere un Oficial Medico de Buceo en el sitio para todos los buceos más profundos que 190 pam, y para los buceos con exposiciones excepcionales.
- d. Todos los buceos de descompresión planeados a mayor profundidad que 130 pam, requieren una cámara de recompresión certificada en el sitio. Una cámara en el sitio es definida como una cámara lista y certificada accesible dentro de 30 minutos del sitio de buceo por la transportación disponible.
- e. Los buceos con Exposiciones Excepcionales tienen una significativamente muy alta probabilidad de EDD y toxicidad del SNC por oxígeno.

Figura 6-14. Límites Normales y Máximos para Buceo con Aire.

- 6-6.3.2 **Flotabilidad.** El equipo SCUBA está diseñado para tener flotabilidad cercana a neutra cuando está en uso, permitiendo al buzo cambiar o mantener la profundidad con facilidad. Esto permite al buzo scuba trabajar a cualquier nivel en la columna de agua.
- 6-6.3.3 **Portabilidad.** La portabilidad y facilidad con que el SCUBA puede ser empleado son claras ventajas. El equipo SCUBA puede ser transportado fácilmente y puesto en operación con un mínimo retraso. El SCUBA ofrece un método flexible y económico para realizar un rango de tareas.
- 6-6.3.4 **Límites Operacionales.** Los buzos deben adherirse a las limitaciones operacionales contenidas en la [Figura 6-14](#). El tiempo de fondo está limitado por el suministro de aire fijo del SCUBA, el cual se agota más rápidamente cuando se bucea profundo o trabajando duro.
- 6-6.3.5 **Protección Ambiental.** El buzo SCUBA no está tan bien protegido del frío o del contacto con plantas marinas y animales como un buzo equipado con suministro desde superficie, y es más fácilmente barrido por la corriente.
- 6-6.4 Características Operacionales del SBSS.** Los sistemas de buceo con suministro desde superficie pueden ser divididos en dos categorías principales: máscara facial completa ligera (MK 20 y EXO 26-BR), y equipo de mar profundo (MK 21 y KM-37).
- 6-6.4.1 **Movilidad.** El equipo con suministro desde superficie permite al buzo casi tanta movilidad como el SCUBA. El uso principal del equipo para mar profundo son trabajos en el fondo a profundidades de hasta 190 pam.
- 6-6.4.2 **Flotabilidad.** La flotabilidad asociada con los SBSS varía con el traje de buceo seleccionado. El Traje Seco de Volumen Variable (TSVV) proporciona el mayor control de flotabilidad (ver [párrafo 7-3.1.2](#)), haciéndola una técnica deseable para trabajos sobre fondos lodosos, realizando dragado con chorro de agua o trabajando donde las fuerzas de reacción de las herramientas son altas.
- 6-6.4.3 **Limitaciones Operacionales.** Los buzos que usan equipo con suministro desde superficie están restringidos a las limitaciones operacionales descritas en la [Figura 6-14](#). Las limitaciones adicionales usando el equipo con suministro desde superficie incluyen personal de apoyo en superficie adicional y largos procedimientos previos y posteriores al buceo.
- 6-6.4.4 **Protección Ambiental.** Los sistemas de buceo con suministro desde superficie pueden ofrecer al buzo protección térmica adicional cuando se usan con traje de Agua Caliente o TSVV. El casco MK 21 puede incrementar la protección de la cabeza del buzo. El equipo de mar profundo (MK 21 MOD1, KM-37) debe utilizarse para trabajos que involucran maniobras submarinas, trabajo pesado, uso de ciertas herramientas submarinas, y cualquier situación donde se desea mayor protección física. Ya que la flotabilidad negativa del buzo es fácilmente controlada, un SBSS permite bucear en áreas con fuertes corrientes.

6-7 SELECCION DE EQUIPO Y SUMINISTROS

- 6-7.1 Equipo Autorizado para el Uso de la Marina.** El equipo procurado para el uso de la Marina de E.U. ha sido probado bajo condiciones de laboratorio y de campo, para asegurar que se desempeñará de acuerdo con las especificaciones de diseño. Un vasto conjunto de equipo y herramienta está disponible para utilizar en operaciones de buceo. La lista NAVSEA/00C Equipo de Buceo Autorizado para el Uso de la Marina de E.U. (ANU) identifica mucho de este equipo y categoriza el equipo de buceo autorizado para el uso de la Marina de E.U.

6-7.2

Suministro de Aire. La calidad del aire de respiración del buzo es de vital importancia. Los suministros de aire proporcionados al buzo en tanques o a través de un compresor deben cumplir cinco criterios básicos.

1. El aire debe estar conforme a los estándares para pureza del aire de buceo encontrado en el [párrafo 4-3](#) y [párrafo 4-4](#).
2. El flujo al buzo debe ser suficiente. Refiérase al manual de mantenimiento y operación del equipo apropiado por los requerimientos de flujo.
3. La adecuada presión sobre la del fondo debe ser mantenida en la estación de buceo.
4. El suministro de aire adecuado debe estar disponible para soportar la duración y profundidad del buceo (ver [párrafo 7-4.1](#) para SCUBA; [párrafo 8-2.2](#) para MK 21).
5. Debe haber disponible un suministro secundario para el buceo con suministro desde superficie.

6-7.3

Embarcaciones y Plataformas de Buceo. Sin importar la técnica que esté siendo soportada, las embarcaciones usadas para operaciones de buceo deben:

- Estar en buen estado para navegar
- Incluir los salvavidas requeridos y otros equipos de seguridad
- Tener una maquina confiable (a menos que sea una plataforma o barcaza anclada)
- Proporcionar un cuarto amplio para el vestido de los buzos
- Proporcionar resguardo y área de trabajo adecuados para la tripulación de apoyo
- Ser capaz de transportar seguramente todo el equipo requerido para la operación
- Tener una tripulación bien entrenada

Otros equipos de soporte – incluyendo barcas, remolcadores, grúas flotantes o embarcaciones y aviones para área de búsqueda – pueden ser necesarios, dependiendo del tipo de operación. La necesidad de equipo adicional debe anticiparse lo antes posible.

6-7.4

Plataformas de Buceo para Salvamento/Rescate en Mar Profundo.

- **Barcos Auxiliares de Rescate/Salvamento (T-ARS) (Clase Escolta).** La misión de los barcos T-ARS es de asistir barcos incapacitados, desencallar barcos varados, combatir fuegos al lado de otros barcos, levantar objetos pesados, recuperar objetos sumergidos, remolcar otras embarcaciones y desempeñar operaciones de buceo tripuladas. Los barcos clase T-ARS llevan un complemento de buzos para desempeñar tareas de mantenimiento de barcos a flote y operaciones de salvamento, así como rastreo submarino y recuperación. Esta clase de barcos está equipada para todas las técnicas de buceo con aire. El equipo a bordo permite bucear con aire a una profundidad de 190 pam.
- **Cuidador de Submarinos (AS).** Los cuidadores de los submarinos de E.U. están diseñados específicamente para el servicio de los submarinos de energía nuclear. Los cuidadores de submarinos están equipados con una cámara de recompresión usada para tratamientos hiperbáricos. Los cuidadores de submarinos apoyan mantenimiento de barcos a flote e inmersiones de seguridad.
- **Flota de Remolcadores Oceánicos (T-ATF).** Los T-ATFs son operados por el Comando de Carga Militar. Tripulaciones civiles son aumentadas con comunicaciones militares y destacamentos de buceo. Además de remolcar, estos grandes remolcadores oceánicos sirven como plataformas de buceo y salvamento.

- **Apoyo de Buceo (YDT).** Estas embarcaciones son usadas para apoyar operaciones de buceo en aguas poco profundas. Además, una amplia variedad de Botes de Buceo Estándar de la Marina (SNDB), LCM-8, LCM-6, botes de trabajo de 50 pies y otras embarcaciones han sido equipadas con sistemas de buceo con suministro desde superficie.

- 6-7.5 Embarcaciones Pequeñas.** Las operaciones SCUBA normalmente son realizadas desde pequeñas embarcaciones. Estas pueden variar en tamaño y estilo, desde una balsa de hule inflable con un motor fuera de borda a una pequeña lancha de desembarco. Si los buzos están operando desde un gran barco o una balsa de buceo, un pequeño bote debe estar listo como embarcación de rescate en el evento de que un buzo saliendo a superficie este en problemas a alguna distancia del sitio de soporte. Un bote pequeño usado por buzos SCUBA debe ser capaz de soltar sus anclas rápidamente y moverse para asistir a un buzo necesitado.

6-8 SELECCION Y REUNION DEL EQUIPO DE BUCEO

Cuando se planean asignaciones de buceo y se comparan la calificación y experiencia del personal de buceo para los requerimientos específicos de la operación, es esencial un completo conocimiento de las obligaciones, responsabilidades y relaciones de los diferentes miembros del equipo de buceo. El equipo de buceo puede incluir el Oficial de Buceo, el Jefe de Buceo, el Supervisor de Buceo, el Oficial Médico de Buceo, Buzos calificados en varias técnicas y equipos, personal de apoyo (tenders – buzos calificados si es posible), bitacorero y personal médico, como esté indicado por el tipo de operación ([Figura 6-15](#)). Otros miembros de la compañía del barco, cuando están apropiadamente instruidos, proporcionan apoyo en varios grados, en roles tales como tripulantes de botes, operadores de winches y manipuladores de líneas.



Figura 6-15. Buceo con MK 21 Requeriendo Dos Buzos. El equipo consiste de un Supervisor, dos buzos, un buzo de respaldo, un tender por buzo, un operador de comunicación y bitácora, operador de consola y personal extra (según sea requerido).

NIVELES MINIMOS DE PERSONAL PARA BUCEO CON AIRE

	Operaciones Scuba	Operaciones con Suministro desde Superficie	
	Un Buzo	Dos Buzos	
Supervisor de Buceo	1	1	1
Comunicación y Bitácora	(a)	(a)	(a)
Operador de Consola			(a)
Buzo	1	2	1
Buzo de Respaldo	1	1	1
Tender de Buzo (b, c)	1(b)		1(b)
Tender de Buzo de Respaldo	(c)	(c)	1
Total	4(d)	4	5(e)

ADVERTENCIA
Estos son los niveles mínimos de personal requeridos. MRO pueden requerir que estos niveles de personal sean incrementados para que las operaciones de buceo se realicen con seguridad. Ver Párrafos 6-1.1 y 6-9.1

NOTAS:

- (a) El Supervisor de Buceo puede desempeñar/asignar las posiciones de Comunicaciones/Bitácora u Operador de Consola como sea necesario o requerido por el sistema/operación/misión.
- (b) Ver [párrafo 6-8.8.5.2](#) para Calificaciones de Tender
- (c) Si el buzo de respaldo es desplegado, el Supervisor de Buceo debe atender al buzo de respaldo.
- (d) El buzo será atendido o tendrá un flotador señalador conectado, ver [párrafo 7-3.1.7](#). Se requiere un tender cuando el buzo no tiene libre acceso a la superficie, ver [párrafo 7-8.2](#) por guías adicionales. Durante misiones esenciales con operaciones SCUBA de circuito abierto, el nivel de personal mínimo puede reducirse a tres buzos calificados a discreción del Supervisor de Buceo.
- (e) Aunque cinco es el número mínimo de personal para operaciones con MKIII y Sistema de Buceo Ligero Extremo (XLDS), es altamente recomendado seis o más, basado en los requerimientos de la misión y el MRO.

Figura 6-16. Niveles Mínimos de Personal para Estaciones de Buceo con Aire.

- 6-8.1** **Niveles de Personal.** El Tamaño del equipo de buceo puede variar con la operación, dependiendo del tipo de equipo a ser usado, el número de buzos necesarios para completar la misión y la profundidad. Otros factores, tales como el estado del tiempo, la duración planeada de la misión, la naturaleza del objetivo y la disponibilidad de diversos recursos también tendrán influencia en el tamaño del equipo. El número mínimo de personal requerido en la estación para cada tipo particular de equipo de buceo está proporcionado en la [Figura 6-16](#). Los niveles mínimos determinados por el MRO deben ser mantenidos; los niveles deben incrementarse como sea necesario para satisfacer las condiciones y situaciones operacionales anticipadas.
- 6-8.2** **Comandante.** La responsabilidad final para la segura y exitosa realización de todas las operaciones de buceo descansa en el Comandante. Las responsabilidades del Comandante para las operaciones de buceo son definidas y la autoridad específica es confirmada por las estipulaciones de las Regulaciones de la Marina de E.U. y otra flota, fuerza o regulaciones de comando. Para asegurar que las operaciones de buceo son conducidas eficientemente, el Comandante delega la autoridad apropiada a miembros selectos del comando, quienes, con el personal subordinado, componen el equipo de buceo.
- 6-8.3** **Comandante de Buceo.** La principal responsabilidad del Comandante de Buceo es la conducción segura de todas las operaciones de buceo dentro del comando. El Comandante de Buceo se familiarizara completamente con todas las técnicas de buceo del comando y tiene un detallado conocimiento de todas las regulaciones aplicables y es responsable por todas las obligaciones operacionales y administrativas asociadas con el programa de buceo del comando. El Comandante de Buceo es designado por escrito por el Comandante y debe ser un buzo calificado. En la ausencia de un oficial comisionado o un Jefe de Buceo, un supervisor de buceo experimentado puede ser asignado como Comandante de Buceo. En submarinos, el buzo calificado más experimentado puede ser asignado Comandante de Buceo.
- 6-8.4** **Oficial del Control de Buceo.** El Oficial del Control de Buceo debe ser un buzo calificado y es responsable ante el Comandante por la segura y exitosa realización de la operación de buceo. El Oficial del Control de Buceo proporciona una supervisión completa de las operaciones de buceo, asegurando la estricta adherencia a los procedimientos y precauciones. Un Oficial de Buceo calificado o Jefe de Buceo puede ser asignado a este control. El Oficial del Control de Buceo debe ser designado por escrito por el Comandante.
- 6-8.5** **Jefe de Buceo**
- 6-8.5.1** **Responsabilidades del Jefe de Buceo.** El Jefe de Buceo es la persona más calificada para supervisar buceos con aire y mezcla de gases (usando SCUBA y equipo de buceo con suministro desde superficie), y tratamientos de recompresión ([Figura 6-17](#)). Él es directamente responsable ante el Comandante, vía el Oficial de Buceo, para la segura conducción de todas las fases de las operaciones de buceo. El Jefe de Buceo dirige el mantenimiento preventivo y correctivo de todo el equipo de buceo, los sistemas de soporte, la maquinaria de salvamento, los sistemas de manejo y el equipo de rescate submarino. El entrenamiento y recalificación de los buzos asignados al comando son realizados por el Jefe de Buceo, quien también se asegura que los buzos estén entrenados en los procedimientos de emergencia. El Jefe de Buceo recomienda al Comandante, vía el Oficial de Buceo, que buzos están calificados para servir como Supervisores de Buceo. El Jefe de Buceo vigila los esfuerzos del Supervisor de Buceo y proporciona consejo y experiencia técnica. Si lo garantizan las circunstancias, el Jefe de Buceo relevará al Supervisor de Buceo y asumirá el control de la estación de buceo. En la ausencia de un Oficial de Buceo, el Jefe de Buceo puede asumir las obligaciones y responsabilidades del Oficial de Buceo.

- 6-8.5.2** **Calificaciones del Jefe de Buceo.** El Jefe de Buceo ha completado el curso de evaluación de Jefe de Buceo (CIN A-433-0019) exitosamente y es experto en la operación del equipo de respiración subacuática aprobado por la Marina, los sistemas de soporte y cámaras de recompresión. El también está entrenado en el diagnóstico y tratamiento de las lesiones y enfermedades de buceo. El Jefe de Buceo está completamente familiarizado con los procedimientos de operación y emergencia para los sistemas de buceo, y posee conocimiento de la operación de mezcla de gases, análisis, cálculos, teoría y métodos de salvamento, procedimientos de rescate submarino, remolque y mantenimiento de barcos a flote. El Jefe de Buceo debe poseer un conocimiento amplio del alcance y aplicaciones de todas las instrucciones Navales y las publicaciones pertinentes al buceo, y debe asegurar que las bitácoras y registros son mantenidos y conformados como es requerido.
- 6-8.6** **Supervisor de Buceo.** Mientras el Jefe de Buceo está a cargo de toda la operación de buceo, el Supervisor de Buceo está a cargo de la operación de buceo real para un buceo en particular o una serie de buceos. Las operaciones de buceo no deben ser realizadas sin la presencia del Supervisor de Buceo. El Supervisor de Buceo tiene la autoridad y responsabilidad para descontinuar las operaciones de buceo en el caso de condiciones de buceo inseguras.
- 6-8.6.1** **Responsabilidades Previas al Buceo.** El Supervisor de Buceo debe ser incluido en la preparación de los planes operacionales. El Supervisor de buceo debe considerar las contingencias, determinar los requerimientos de equipo, recomendar las asignaciones de buceo y establecer los requerimientos de respaldo para la operación. El Supervisor de Buceo debe estar familiarizado con todos los buzos del equipo y debe evaluar las calificaciones y condición física de los buzos seleccionados para cada trabajo en particular. El Supervisor de Buceo inspecciona todo el equipo y conduce la instrucción del personal previa al buceo.
- 6-8.6.2** **Responsabilidades Mientras la Operación está en Progreso.** Mientras la operación está en progreso, el Supervisor de Buceo la monitorea, informa a los buzos; actualiza las instrucciones de los buzos subsecuentes; y se asegura que el Jefe de Buceo, el Oficial de Buceo, el Comandante y otras personas como sea necesario, sean avisados del progreso y de cualquier cambio al plan original. El Supervisor de Buceo no vacilará en llamar por el consejo técnico y experiencia del Jefe de Buceo durante la realización de la operación de buceo.
- 6-8.6.3** **Responsabilidades Posteriores al Buceo.** Cuando la misión ha sido completada, el Supervisor de Buceo reúne los datos apropiados, analiza los resultados de la misión, prepara los reportes para ser presentados a las altas autoridades y se asegura que los registros requeridos estén completos. Estos registros pueden variar desde bitácoras de equipo a registros de buceo individuales.
- 6-8.6.4** **Calificaciones del Supervisor de Buceo.** El Supervisor de Buceo puede estar comisionado o reclutado, dependiendo del tamaño de la operación y de la disponibilidad de personal calificado. Cuando califican un Supervisor, la selección está basada en el



Figura 6-17. Jefe de Buceo Supervisando un Tratamiento de Recompresión.

conocimiento de la técnica de buceo, experiencia, nivel de entrenamiento y la competencia del personal disponible. Sin importar el rango, el Supervisor de Buceo debe ser un buzo calificado, de demostrada capacidad y experiencia. El Supervisor de Buceo debe ser designado por escrito por el Comandante. El Supervisor de Buceo bajo instrucción debe cumplir su turno bajo la supervisión de un Supervisor de Buceo calificado.

6-8.7 Oficial Médico de Buceo. El Oficial Médico de Buceo define el curso apropiado de la acción médica durante las emergencias médicas. El OMB proporciona atención médica en el sitio a los buzos cuando la condición aparece y se asegura que el personal de buceo recibe atención adecuada antes, durante y después del buceo. El OMB puede modificar las tablas de tratamiento de recompresión, con la específica concurrencia del Comandante. Se requiere un OMB en el sitio para todos los buceos más profundos que 190 pam, o para buceos planeados con exposiciones excepcionales. Un OMB debe consultarse en algún punto durante un tratamiento en cámara de recompresión real antes de liberar al paciente.

6-8.8 Personal de Buceo.

6-8.8.1 Responsabilidades del Personal de Buceo. Mientras trabaja, el buzo debe mantener informado al personal en superficie de las condiciones del fondo, el progreso de la tarea y de cualquier problema desarrollado que pueda indicar la necesidad de cambiar el plan o llamar para la asistencia de otros buzos. Para asegurar la conducción segura del buceo, el buzo siempre debe obedecer una señal de superficie y repetir todos los comandos cuando se usa comunicación por voz. El buzo es responsable por el equipo de buceo usado y debe asegurarse que está completo y en buenas condiciones.

6-8.8.2 Calificaciones del Personal de Buceo. Los buzos militares deben estar calificados y designados de acuerdo con las instrucciones emitidas por el Comando de Personal Naval (NPC) o como sea apropiado por USMC, Ejército de E.U., o las órdenes de la Fuerza Aérea de E.U. Los buzos civiles buceando bajo competencia militar deben estar calificados de acuerdo con OPNAV serie 3150.27. El equipo de buceo seleccionado para una operación debe estar calificado para la posición, la técnica de buceo usada, el equipo involucrado y para el buceo a la profundidad requerida. El buzo de la Marina requiere el DSWS NAVEDTRA Serie 43245 Estándares de Calificación de Personal (PQS), y los buzos civiles de la Marina el equivalente. Todos los otros Buzos Militares calificando para operar o supervisar sistemas de buceo y equipo contenido en el NAVENDTRA Serie 43245 PQS, deben usar el NAVENDTRA Serie 43245 PQS Estación de Buceo actual como una guía para calificación, en un esfuerzo para estandarizar las calificaciones DOD y asegurar la realización segura de las operaciones de buceo. El personal de buceo asignado a la Unidad de Buceo Experimental de la Marina (NEDU) y al Laboratorio de Investigación Médica Submarina Naval (NSMRL) está exento de tales requerimientos, mientras ellos estén asignados como sujetos de pruebas de buceo experimental, y pueden ser empleados en perfiles de buceo experimental como sea requerido dentro de los protocolos de prueba aprobados.

Es requerido el entrenamiento formal para todos los buzos empleados y designados Militar de E.U. y DOD civiles. El Centro para EOD y Buceo (CENEODDIVE) es autorizado para designar unidades de flota para entrenar personal en destrezas de buceo críticas específicas (HeO₂, Saturación, MK-16 Mod 0 y Mod 1, y MK 25). Los comandos que desempeñan estas calificaciones locales deben ser designados por escrito. Las calificaciones deben ser realizadas utilizando el currículo y material proporcionado y controlado por CENEODDIVE. Los comandos realizando calificaciones locales deben tener un Jefe de Buceo calificado en el equipo en que está siendo entrenado y quien tiene NEC 9502 o una calificación de instructor equivalente como sea determinado por CENEODDIVE.

6-8.8.3 Buzo de Respaldo. Se requiere un buzo de respaldo (Buzo Standby) con un tender para todas las operaciones de buceo. El Buzo de respaldo no necesita estar equipado con el mismo equipo que el buzo principal (excepto cuando se especifica otra cosa), pero debe tener

capacidad operacional y de profundidad equivalentes. Para operaciones de buceo con suministro desde superficie no debe ser usado SCUBA por el buzo de respaldo.

6-8.8.3.1

Calificaciones del Buzo de Respaldo. El buzo de respaldo es un buzo totalmente calificado, asignado para ayudar o para proporcionar asistencia de emergencia, y está listo para entrar al agua inmediatamente. Para operaciones con suministro desde superficie, el buzo de respaldo debe estar vestido con los siguientes puntos: MK 20 ó MK 21 MOD 1, KM-37, con el gancho de soltado rápido conectado al arnés. Bajo ciertas condiciones, el Supervisor de Buceo puede requerir que el casco esté puesto. Un buzo de respaldo SCUBA debe estar totalmente equipado y verificado por el Supervisor de Buceo. El buzo de respaldo puede entonces quitarse el visor y aletas, teniéndolos listos para ponérselos inmediatamente en un despliegue rápido. Por razones de seguridad, a discreción del Supervisor de Buceo, el buzo de respaldo puede quitarse el tanque. El buzo de respaldo recibe la misma información e instrucciones que el buzo trabajando, monitorea el progreso del buceo y está totalmente preparado para responder si es llamado para asistencia. El buzo de respaldo SCUBA debe estar equipado con un regulador octopus.



Figura 6-18. Buzo de Respaldo

6-8.8.3.2

Despliegue del Buzo de Respaldo como un Buzo Trabajando. El buzo de respaldo puede ser desplegado como un buzo trabajando con tal de que se cumplan todas las siguientes condiciones:

1. Buceo con suministro desde superficie de no-descompresión a 60 pam o menos.
2. Misma localización/trabajo, ej., trabajando en las propelas de estribor y babor de la misma embarcación:
 - Antes de desplegar al buzo de respaldo, el área de trabajo debe determinarse que está libre de peligros (ej., succión, descargas) por el primer buzo en el sitio de trabajo.
 - Cuando se está trabajando en tanques de lastre o espacios confinados, el buzo de respaldo puede ser desplegado como un buzo trabajando, pero ambos buzos deben ser atendidos por un tercer buzo, quien está afuera del espacio.

NOTA

El buzo de respaldo debe permanecer en cubierta listo para ser desplegado cuando se están haciendo operaciones de salvamento.

6-8.8.4

Buzo Compañero. El buzo compañero es la pareja del buzo en una operación SCUBA. Los buzos compañeros son conjuntamente responsables de la misión asignada. Cada buzo mantiene el control de la profundidad y el tiempo durante el buceo. Cada buzo debe estar atento por la seguridad y buen estado de su compañero, y debe estar alerta por síntomas de narcosis nitrogénica, enfermedad de descompresión y aumento del dióxido de carbono. Un buzo debe mantener a su compañero dentro de su visión y no dejarlo solo, excepto para obtener asistencia adicional en una emergencia. Si la visibilidad es limitada, debe usarse una línea de compañeros para mantener el contacto y comunicación. Si los buzos SCUBA se

separan y no pueden localizarse uno a otro, ambos buzos deben salir a superficie inmediatamente.

6-8.8.5 Buzo Tender.

6-8.8.5.1 Responsabilidades del Buzo Tender. El tender es el miembro en superficie del equipo de buceo que trabaja estrechamente con el buzo en el fondo. Al inicio del buceo, el tender verifica el equipo del buzo, el suministro de aire para una operación apropiada y viste al buzo. Una vez que el buzo está en el agua, el tender vigila constantemente las líneas para eliminar el exceso de seno o tensión (ciertas tareas de mantenimiento submarino de barcos a flote pueden excluir este requerimiento, ej., trabajando en los tanques de lastre de un submarino, laminación de flecha, soldadura en hábitat seco, etc.). El tender intercambia señales por jalones de la línea con el buzo, mantiene al Supervisor de Buceo informado de las señales por jalones y la cantidad de manguera de buceo/línea de vida que hay sobre la borda y permanece alerta por cualquier signo de una emergencia.

6-8.8.5.2 Calificaciones del Buzo Tender. El tender debe ser un buzo calificado. Cuando las circunstancias requieren el uso de un no-buzo como tender, el Supervisor de Buceo se asegura que el tender ha sido completamente instruido en las obligaciones requeridas. Si un tender sustituto debe emplearse durante una operación, el Supervisor de Buceo debe estar seguro que el sustituto está adecuadamente informado antes de asumir las obligaciones.

6-8.8.6 Bitacorero. El bitacorero debe ser un buzo calificado. El bitacorero mantiene las hojas de trabajo, llena la bitácora de buceo por toda la operación, y registra la hora de descenso del buzo, profundidad del buceo y tiempo de fondo. El bitacorero reporta al Supervisor de Buceo la hora de ascenso, primera parada y tiempo requerido en la parada de descompresión. En las operaciones SCUBA, el Supervisor de Buceo puede asumir las obligaciones del bitacorero. El bitacorero requiere tener a la mano una copia de las Tablas de Descompresión de la Marina de E.U. que están siendo usadas. Cuando la descompresión inicia, la cédula seleccionada por el Supervisor de Buceo es registrada sobre la gráfica y la bitácora. El bitacorero mantiene a todos los miembros del equipo avisados de los requerimientos de descompresión de los buzos.

6-8.8.7 Personal Médico. Los Oficiales Médicos de Buceo y los Técnicos Médicos de Buceo han recibido entrenamiento especial en medicina hiperbárica y de buceo. Ellos proporcionan consejo médico y tratamiento al personal de buceo. Ellos también instruyen a los miembros del equipo de buceo en procedimientos de primeros auxilios y participan en operaciones de buceo cuando la presencia del personal médico de buceo es indicada, como cuando están siendo realizadas operaciones particularmente peligrosas.

El personal médico de buceo evalúa la condición física de los buzos antes que inicien las operaciones y están preparados para manejar cualquier emergencia que pueda presentarse. Ellos también observan la condición de otro personal de apoyo y están alerta por signos de fatiga, sobre-exposición y agotamiento por calor.

No hay reglas firmemente rígidas para decidir cuando una medicación excluirá a un buzo de bucear. En general, los medicamentos tópicos, antibióticos, medicamentos para control natal y descongestionantes que no causan somnolencia no restringirán para bucear. El Personal Médico de Buceo debe ser consultado para determinar si cualquier otra droga excluirá para bucear.

6-8.8.8 Otro Personal de Apoyo. Otro personal de apoyo puede incluir a casi cualquier miembro del comando cuando es asignado a obligaciones que apoyan las operaciones de buceo. Algun personal necesita adoctrinación específica. Los operadores de botes pequeños deben entender los procedimientos generales de buceo, conocer el significado de las señales y estar consientes de los objetivos de las misiones. Otro personal, como los operadores de winche o

tripulación de cubierta, puede interactuar con la operación directamente, pero solo cuando están bajo el control del Supervisor de Buceo. El personal de máquinas puede estar dirigido para cerrar las descargas sobre la borda y apagar las flechas; el operador de sonar puede ser requerido para apagar el equipo y poner una etiqueta de No Energizar en el interruptor de corriente (ver [Figura 6-20](#) para una detallada Lista de Verificación de Seguridad para Reparación de Barcos).

El Oficial de Cubierta (OOD) o el Comandante en Turno (CDO) es responsable ante el Comandante por la operación y seguridad del barco y tripulación durante el turno. El debe estar interesado con las actividades del equipo de buceo. El OOD/CDO debe estar informado del progreso de la operación, de cualquier cambio al plan original y debe ser notificado tan anticipado como sea posible de cualquier requerimiento especial. El OOD o el CDO debe estar alerta por cualquier movimiento del anclaje o cambio de las condiciones del tiempo/mar. El debe informar al Oficial de Buceo y/o al Supervisor de Buceo de cualquier cambio en estas condiciones.

- 6-8.8.9 **Entrenamiento Cruzado y Sustitución.** Cada miembro del equipo de buceo debe estar calificado para actuar en cualquier posición del equipo. Ya que es probable que se hagan sustituciones en algún punto durante una misión prolongada, los planes y programas de buceo deben organizar al personal y a los objetivos de trabajo de manera que siempre esté disponible personal experimentado en el sitio. Todo el personal que participe en la operación debe ser incluido en las reuniones informativas iniciales.
- 6-8.8.10 **Condición Física.** Los candidatos a buzo deben cumplir los requerimientos físicos específicos para buzos enunciados por el Comandante del Comando Médico Naval y pasar un examen físico como se señala en el MILPERSMAN Artículo 1220.100. Una vez calificado, el buzo es responsable por mantener buena salud y la máxima condición física.

Refiérase al NAVMEDCOMINST serie 6200.15 para proporcionar una guía sobre la suspensión de obligaciones de buceo de mujeres embarazadas en servicio.

El personal médico asignado a la unidad de buceo debe evaluar día a día la condición de cada buzo, y el Supervisor de Buceo debe verificar la condición física de cada buzo inmediatamente antes de un buceo. Cualquier síntoma tal como tos, congestión nasal, fatiga aparente, estrés emocional, infecciones de piel u oídos es razón para colocar al buzo en la lista de exentos de bucear hasta que el problema es corregido.

La condición física es frecuentemente mejor juzgada por el buzo, quien está obligado a reportar al Supervisor de Buceo cuando no se siente apto para bucear. Un buzo, quien por cualquier razón no quiere hacer un buceo no debe ser forzado. Un buzo que regularmente declina la asignación para bucear debe ser descalificado como buzo.

- 6-8.8.11 **Personal de Salvamento o Construcción y Demolición Subacuática.** El entrenamiento en salvamento y demolición subacuática es provisto en el Centro Naval de Entrenamiento de Salvamento y Buceo al currículo de Buzo de Primera y Segunda Clase. El Personal de Buceo de Demolición debe estar certificado de acuerdo con los requerimientos de OPNAVINST serie 8023.2.
- 6-8.8.12 **Plan de Demolición.** El jefe de Buceo o buzo calificado experimentado es responsable de proporcionar al Comandante un plan de demolición comprensivo y escrito. Como mínimo, el plan de demolición contiene:
- Organización del equipo de demolición
 - Descripción del trabajo con alternativas

- Rango de procedimientos de operación estándar
- Procedimientos previos a la detonación
- Procedimientos posteriores a la detonación
- Plan del área de seguridad
- Procedimientos de falla
- Procedimientos de accidente de personal y equipo
- Secuencia de eventos de la explosión

Todas las operaciones de demolición deben realizarse usando solamente los procedimientos de operación y seguridad aprobados. El personal de demolición calificado debe asegurar que la operación no proceda hasta recibir la aprobación específica del Supervisor de Buceo y tomará cargo de todas las fallas, asegurando que lo están manejando de acuerdo con el plan aprobado.

6-8.8.13 Manipuladores de Explosivos. Todos los buzos que manejan explosivos deben estar entrenados y certificados de acuerdo con el OPNAVINST serie 8023.2.

6-8.9 Requerimientos OSHA para Buceo Civil en la Marina de E. U. Los Buzos Civiles de la Marina de E.U. son gobernados por las estipulaciones del Programa de Buceo de la Marina de E.U., no obstante, ellos deben también cumplir con los estándares de buceo de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional del Gobierno de E.U. (OSHA), delineados en CFR 29 Parte 1910 Sub-parté T; Tema: Operaciones de Buceo Comercial. Los Buzos Civiles de la Marina de E.U. son identificados como todos los empleados permanentes de la Marina que han sido formalmente entrenados en una escuela de buceo aprobada por la Marina de E.U. como buzo SCUBA, buzo de Segunda Clase o buzo de Primera Clase. Los buzos comerciales contratados por la Marina que no son empleados permanentes del gobierno no son sujetos a estas estipulaciones.

La mayoría de las directivas del Programa de Buceo de la Marina de E.U. estipulan requerimientos paralelos, o son bastante similares que no son considerados de diferencia sustancial. Sin embargo, varios requerimientos de OSHA, exceden aquellos delineados para los buzos de la Marina de E.U. y deben ser identificados para asegurar el cumplimiento de ambos estándares por los buzos civiles de la Marina de E.U. Por lo tanto, las siguientes restricciones, en adición a todos los otros requerimientos destinados en este manual, aplican a los buzos civiles de la Marina de E.U.:

6-8.9.1 Restricción del Buceo SCUBA (Aire).

1. El buceo SCUBA no debe ser realizado:
 - A profundidades mayores que 130 pam
 - A profundidades mayores que 100 pam, a menos que una cámara de recompresión este en la estación
2. Todos los arreglos de los cilindros SCUBA deben estar equipados con una reserva manual (válvula J), o un cilindro de suministro de gas de reserva independiente con un regulador separado.

3. Un manómetro de presión sumergible del cilindro SCUBA debe ser usado por cada buzo.

6-8.9.2

Restricciones del Buceo con Aire Suministrado desde Superficie.

1. El buceo con aire suministrado desde superficie no debe ser realizado a profundidades mayores que 190 pam.
2. Los buceos deben ser limitados a tiempos de descompresión en el agua menores que 120 minutos.
3. Se requiere un suministro de gas de emergencia (bailout-cilindro de emergencia) para cualquier buceo más profundo de 60 pam, buceos con descompresión planeada o para los que el acceso directo a la superficie no es obtenible.

6-8.9.3

Restricciones del Buceo con Mezcla de Gases. Todos los buceos con mezcla de gases deben ser limitados a:

- Una profundidad máxima de 220 pam
- Menos de 120 minutos de tiempo total de descompresión en el agua
- Tener una cámara de recompresión en la estación

6-8.9.4

Requerimientos de la Cámara de Recompresión.

1. Una cámara de recompresión en la estación se define como una cámara certificada y lista en el sitio del buceo.
2. Una cámara de recompresión debe estar en la estación para todos los buceos con descompresión planeada o para buceos más profundos que 100 pam.
3. Los buzos civiles deben permanecer en la localidad de una cámara de recompresión tripulada por una hora después de salir a superficie de un buceo que requiere una cámara de recompresión en la estación.

6-9 ORGANIZACION Y PROGRAMACION DE OPERACIONES

6-9.1

Planeación y Programación de Tareas. Todas las fases de una operación son importantes. Una falla común cuando se planea una operación es poner excesivo énfasis sobre las fases del buceo real, mientras no se consideran totalmente las actividades previas y posteriores al buceo. Otra falla es tratar las operaciones de naturaleza recurrente con una indiferencia a la seguridad que viene con la sobre-familiarización. En el desarrollo detallado de la programación de una operación, tarea por tarea, deben ser considerados los siguientes puntos.

- El programa debe asignar suficiente tiempo para la preparación, transito al sitio, reunión con otros barcos o unidades y el establecimiento de un anclaje seguro.
- El tiempo de fondo es siempre de gran valor, y todos los factores que afecten el tiempo de fondo deben ser considerados cuidadosamente. Estos incluyen la profundidad, descompresión, número de buzos disponibles, tamaño de la embarcación de soporte y condiciones ambientales en superficie y subacuáticas.
- El número y perfil de buceos repetitivos en un periodo de tiempo dado es limitado. Este asunto se discute en el [Capítulo 9](#).

- Los planes pueden incluir la opción para trabajar noche y día; sin embargo, hay un incremento en el riesgo de un buceo accidentado por fatiga.
- La cantidad de personal de soporte depende de las técnicas de buceo seleccionadas (ver Niveles Mínimos de Personal, [Figura 6-16](#)).
- En la planeación de tareas, el personal de apoyo en superficie no-buzo debe ser seleccionado cuidadosamente, especialmente quienes no son miembros del equipo de buceo.
- Cualquier programa debe ser flexible para acomodar complicaciones inesperadas, retrasos y cambios en las condiciones.
- El Supervisor de Buceo debe anticipar las dificultades y estar preparado para sobrellevarlas o encontrar métodos alternativos para evitarlas.
- Si los buzos han estado inactivos y las condiciones operacionales lo permiten, deben conducirse buceos de preparación en el agua o en la cámara de recompresión.

6-9.2 Tareas Postiores al Buceo. Una operación de buceo está terminada cuando los objetivos han sido cumplidos, el equipo de buceo desmovilizado, y los registros y reportes son llenados. Debe asignarse tiempo para:

- Recuperar, limpiar, inspeccionar, mantener, reparar y almacenar todo el equipo
- Disposición de los materiales traídos durante la operación
- Liberar a los buzos y otros miembros del equipo
- Analizar la operación, como se planeó y como se llevó a cabo realmente
- Restituir los materiales gastados
- Asegurar la buena disposición del equipo para responder a la próxima asignación

6-10 INSTRUCCIONES AL EQUIPO DE BUCEO

6-10.1 Establecimiento del Objetivo de la Misión. El Jefe de Buceo o el Supervisor de buceo deben aleccionar al equipo sobre la totalidad de la misión y los aspectos necesarios de la operación para alcanzar el objetivo seguramente. Los principales puntos de discusión incluyen:

1. Una clara exposición informativa del objetivo de la misión
2. Los factores dominantes que pueden determinar el resultado de la misión (ej., ambiente, acciones de enemigos/amigos y peligros)
3. Todas las tareas requeridas para cumplir la misión
4. Los factores de tiempo que puedan prevalecer
5. Cualquier cambio o adiciones al plan de buceo

Antes de iniciar una misión o día de buceo, se debe realizar la coordinación con otros comandos y/o departamentos a bordo del barco.

6-10.2 Identificación de Tareas y Procedimientos. Una información puede ser elaborada o simple. Para operaciones complejas, puede requerirse la información con cartas, diapositivas y diagramas. Para la mayoría de las operaciones, la información no necesita ser tan compleja y puede ser una reunión informal. La información debe presentar un análisis del objetivo del buceo, las tareas primarias, los procedimientos de buceo y los procedimientos de trabajo relacionados con la misión o el día de buceo. La pronta información de los buzos al retornar a superficie proporciona al Supervisor de Buceo información que puede influenciar o alterar la próxima fase de la operación. Los buzos deben ser interrogados acerca del progreso del trabajo, las condiciones del fondo y la anticipación de problemas. También se les debe preguntar por sugerencias para cambios inmediatos.

6-10.3 Revisión de Procedimientos de Buceo. Los procedimientos de buceo y trabajo a ser usados para las tareas a la mano deben ser revisados durante la reunión. La Lista de Verificación de Seguridad de Buceo y Planeación ([Figura 6-19](#)), la Lista de Verificación de Seguridad para Reparación de Barcos por Buceo ([Figura 6-20](#)) y la Lista de Verificación Previa al Buceo para Operaciones con Suministro desde Superficie ([Figura 6-21a](#)) apoyan el control de las operaciones de buceo. Estas listas de verificación pueden ser adaptadas para misiones y circunstancias ambientales específicas.

6-10.4 Asignación de Personal. Todas las asignaciones de personal deben ser revisadas y verificadas para asegurar el entrenamiento apropiado del personal que es asignado a las operaciones.

6-10.5 Asistencia y Emergencias. En cualquier operación de buceo, pueden ser requeridas tres tipos de asistencia:

1. Equipo, personal, suministros o servicios adicionales
2. Aclaración, autorización o decisiones del alto comando
3. Asistencia de emergencia en el caso de un accidente o lesión grave.

El desarrollo inesperado o las situaciones de emergencia pueden ser acompañados de confusión. La fuente y disponibilidad de cualquier asistencia necesaria y el método para obtenerla tan rápido como sea posible, debe ser determinado por adelantado. Debe ser identificada la localización de la cámara de recompresión más cercana y notificar a los operadores de la cámara antes que las operaciones inicien. Las fuentes de transportación de emergencia, militar o civil, deben estar establecidas y alertadas, y el OMB más cercano debe ser localizado y notificado. Se deben hacer los arreglos para asegurar la disponibilidad de asistencia de emergencia las 24 horas.

Si se requiere transportación de emergencia por las fuentes de Servicios Médicos de Emergencia, debe establecerse por anticipado un Memorándum de Acuerdo de Protocolo de Buceo y aquellos acuerdos de respuesta a accidente incorporados en la Bitácora de Buceo del Comando.

Cuando se requiere una cámara de recompresión por la [Figura 6-14](#), la cámara debe estar actualmente certificada y dentro de 30 minutos de tiempo de viaje desde el sitio de buceo. Si se requiere una cámara de recompresión en una emergencia, una cámara no certificada puede ser usada si el Supervisor de Cámaras DSWS calificado es de la opinión que es segura de operar.

La [Figura 6-22](#) es una forma sugerida para la Lista de Verificación para Asistencia de Emergencia, que debe ser completada y puesta en la estación de buceo para proporcionar la información necesaria para que cualquier miembro del equipo pueda tomar pronta acción.

LISTA DE VERIFICACION DE SEGURIDAD Y PLANEACION DE BUCEO

(Hoja 1 de 4)

ETAPAS EN LA PLANEACION DE OPERACIONES DE BUCEO

La planeación detallada y anticipada es el fundamento de la seguridad en el buceo.

A. ANALIZAR LA MISION POR SEGURIDAD.

- Asegurar que el objetivo de la misión está definido.
- Determinar qué recursos no de buceo de la realización de la misión han sido considerados y eliminados como inapropiados.
- Coordinar la asistencia de emergencia.
- Revisar las Publicaciones de Guerra Navales (NWP) relevantes y las instrucciones OPNAV.

B. IDENTIFICAR Y ANALIZAR LOS PELIGROS POTENCIALES.

— Peligros Naturales:

1. Atmosféricos:
 - Exposición del personal a condiciones extremas
 - Exposición adversa del equipo y suministros a los elementos
 - Retrasos o rompimientos causados por el estado del tiempo
2. Superficie:
 - Enfermedad de mar
 - Agua entrando y saliendo
 - Manejo de equipo pesado en mar picado
 - Mantenimiento de la localización en mareas y corrientes
 - Hielo, escombros de barcos, algas y petróleo en el agua
 - Retrasos o rompimientos causados por el estado del mar
3. Bajo el agua y en el Fondo:
 - Profundidad que excede los límites de buceo o los límites del equipo disponible
 - Exposición a temperaturas frías
 - Vida marina peligrosa
 - Mareas y corrientes
 - Visibilidad limitada
 - Obstrucciones en el fondo
 - Hielo (variaciones de presión bajo el agua, pérdida del agujero de entrada, pérdida de la orientación, etc.)
 - Condiciones peligrosas en el fondo (lodo, enterramiento, etc.)

— Peligros en el sitio:

- Trafico marino local u otras operaciones de contraposición naval
- Otras operaciones de contraposición comercial
- Alta energía, sonar activo
- Contaminación por radiación u otra contaminación (química, caídas de drenajes, etc.)

— Peligros de la misión:

- Enfermedad de descompresión
- Problemas de comunicación
- Ahogamiento
- Otro trauma (lesiones)
- Acción hostil

— Peligros de objetos:

- Atoramiento y enredamiento
- Cambiando o trabajando el objeto
- Explosivos u otros materiales de guerra

Figura 6-19. Lista de Verificación de Seguridad y Planeación de Buceo (hoja 1 de 4).

LISTA DE VERIFICACION DE SEGURIDAD Y PLANEACION DE BUCEO

(Hoja 2 de 4)

C. SELECCION DE EQUIPO, PERSONAL Y PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA

— Personal de Buceo:

- 1. Asignar un Equipo de Buceo completo y apropiadamente calificado.
- 2. Asignar los hombres correctos para las tareas correctas.
- 3. Verificar que cada miembro del Equipo de Buceo está apropiadamente entrenado y calificado para el equipo y profundidad involucrados.
- 4. Determinar que cada hombre está físicamente apto para bucear, poniendo atención a:
 - condición general y cualquier evidencia de fatiga
 - registro del último examen médico
 - oídos y senos paranasales
 - resfriado o gripe severa
 - uso de estimulantes o intoxicantes
- 5. Observar a los buzos por disposición emocional para bucear:
 - motivación y actitud profesional
 - estabilidad (no notablemente poco común o comportamiento errático)

— Equipo de Buceo:

- 1. Verificar que el equipo de buceo seleccionado y las técnicas de buceo son adecuadas y autorizadas para la misión y la tarea en particular.
- 2. Verificar que el equipo y la técnica de buceo es apropiada para la profundidad involucrada.
- 3. Verificar que el equipo de soporte de vida ha sido probado y aprobado para el uso de la Marina de E.U.
- 4. Determinar que todo el equipo de soporte y herramientas necesarios están rápidamente disponibles y son lo mejor para realizar el trabajo eficiente y seguramente.
- 5. Determinar que todo el equipo de soporte relacionado tal como winches, botes, grúas, boyas, etc. está operable, seguro y bajo control de personal entrenado.
- 6. Verificar que todo el equipo de buceo ha sido mantenido apropiadamente (con los registros apropiados) y está en completa condición de operación.

— Prevenir para el Equipo de Emergencia:

- 1. Obtener equipo de comunicación adecuado con suficiente capacidad para alcanzar ayuda exterior; verificar todas las comunicaciones por la operación apropiada.
- 2. Verificar que la cámara de recompresión está lista para usar, o notificar al comando más cercano con una que esté en uso, que puede ser requerida dentro de un marco de tiempo dado.
- 3. Verificar que un equipo de primeros auxilios completamente surtido está a la mano.
- 4. Si va a ser usado oxígeno como primer auxilio en reserva, verificar que el tanque está lleno y apropiadamente presurizado, y las mascarillas, válvulas y otros accesorios están totalmente operables.
- 5. Si será usado un resucitador, verificar que funciona el aparato.
- 6. Verificar que el equipo contra incendio está rápidamente disponible y en total condición de operación.
- 7. Verificar que la transportación de emergencia está permanente o inmediata a una llamada.

— Establecimiento de Procedimientos de Emergencia:

- 1. Saber cómo obtener asistencia médica inmediatamente.
- 2. Para cada situación de emergencia potencial, asigne tareas específicas al equipo de buceo y al personal de apoyo.
- 3. Completar y repartir la Lista de Verificación de Asistencia de Emergencia; asegurar que todo el personal está familiarizado con ella.
- 4. Verificar que está disponible una copia actualizada de las Tablas de Descompresión de la Marina de E.U.
- 5. Asegurar que todos los buzos, tripulación de botes y otro personal de apoyo entienden todas las señales manuales del buzo.
- 6. Predeterminar las señales de dificultad y los signos de llamada.

Figura 6-19. Lista de Verificación de Seguridad y Planeación de Buceo (hoja 2 de 4).

LISTA DE VERIFICACION DE SEGURIDAD Y PLANEACION DE BUCEO

(Hoja 3 de 4)

- 7. Asegurar que todos los buzos han removido cualquier cosa de sus bocas con lo que ellos se puedan ahogar durante un buceo (chicle, dentaduras, tabaco).
- 8. Entrenar exhaustivamente a todo el personal en los Procedimientos de Emergencia, con particular atención al entrenamiento cruzado; los entrenamientos deben incluir:

Recompresión de Emergencia	Desvestido rápido
Fuego	Primeros auxilios
Vestido rápido	Embolismo
Restauración de la respiración	Ahogamiento incompleto
Choque eléctrico	Ascenso descontrolado
Atoramiento	Buzo perdido

D. ESTABLECIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS DE BUCEO OPERACIONAL SEGURO

— Completar las Actividades de Planeación, Organización y Coordinación:

- 1. Asegurar que han sido considerados otros medios de realización de la misión antes de decidir usar a los buzos.
- 2. Asegurar que ha sido realizada la planeación de contingencia.
- 3. Establecer cuidadosamente los objetivos y tareas de cada misión y el desarrollo de un plan flexible de operación (Plan de Buceo).
- 4. Informar completamente al equipo de buceo y al personal de soporte ([párrafo 6.7](#)).
- 5. Designar un Jefe de Buceo o Supervisor de Buceo apropiadamente calificado para estar a cargo de la misión.
- 6. Designar a un bitacorero y verificar que él entiende sus obligaciones y responsabilidades.
- 7. Determinar la profundidad exacta del sitio de trabajo a través del uso de una línea de plomada, neumofatómetro o sonda de profundidad comercial.
- 8. Verificar la existencia de un suministro adecuado de aire comprimido disponible para todas las operaciones de buceo planeadas **más una reserva adecuada para emergencias**.
- 9. Asegurar que no habrá operaciones o acciones sobre parte del equipo de buceo, personal de apoyo, técnicos, tripulación de botes, operadores de winches, etc., sin el conocimiento de y por el comando directo del Supervisor de Buceo.
- 10. Deben hacerse todos los esfuerzos a través de la planeación, información, entrenamiento, organización y otras preparaciones para minimizar el tiempo de fondo. La profundidad del agua y las condiciones del buzo (especialmente fatiga), antes que la cantidad de trabajo a ser hecho, deben gobernar el tiempo de fondo del buzo.
- 11. Las tablas de descompresión en uso deben estar a la mano y deben ser usadas en toda la planeación y programación de las operaciones de buceo.
- 12. Instruir a todos los buzos y al personal de apoyo de no cortar ninguna línea hasta que sea aprobado por el Supervisor de Buceo.
- 13. Asegurar que el barco, bote o embarcación de buceo está seguramente anclada y en posición para permitir las más eficientes y seguras operaciones (son excepciones las emergencias y las reparaciones críticas del barco).
- 14. Verificar que, cuando se están usando las técnicas con suministro desde superficie, el barco, bote o embarcación de buceo tiene como mínimo dos puntos de anclaje.
- 15. Asegurar que, cuando se realizan operaciones SCUBA en condiciones peligrosas, un bote puede ser rápidamente despachado y movido hacia el buzo en problemas.

— Ejecutar Procedimientos de Buceo Seguro, Establecer Medidas de Seguridad:

- 1. Asegurar que cada buzo verifica su propio equipo además de la verificación hecha por los tenders, técnicos u otro personal de apoyo.
- 2. Designar un buzo de respaldo para todas las operaciones de buceo; el buzo de respaldo debe estar vestido para el nivel necesario y listo para entrar al agua si se necesita.
- 3. Asignar compañeros de buceo, cuando se requiere, para todas las operaciones SCUBA.

Figura 6-19. Lista de Verificación de Seguridad y Planeación de Buceo (hoja 3 de 4).

LISTA DE VERIFICACION DE SEGURIDAD Y PLANEACION DE BUCEO

(Hoja 4 de 4)

- 4. Tomar precauciones para prevenir que los buzos se enreden en el fondo. Si el trabajo es conducido dentro de un naufragio u otra estructura, asignar un equipo de buzos para realizar la tarea. Un buzo entra al naufragio, el otro atiende sus líneas desde el punto de entrada.
- 5. Cuando se usan explosivos, tomar medidas para asegurar que la carga no debe ser disparada mientras el buzo está en el agua.
- 6. Usar los procedimientos de seguridad como se señalan en las publicaciones relevantes de la Marina para todas las operaciones de corte o soldadura subacuática.
- 7. Informar a todos los buzos y al personal de cubierta sobre las cédulas de descompresión planeadas para cada buceo en particular. Verificar las previsiones para la descompresión del buzo.
- 8. Verificar que barco, bote o embarcación de buceo está mostrando las señales apropiadas, banderas, formas de día o luces para indicar que hay operaciones de buceo en progreso. (Consultar las publicaciones Internacionales gobernantes o Reglamentos Internos, señales locales Internacionales/Internas, y las instrucciones de comunicaciones de la Marina).
- 9. Asegurar que la protección contra la vida marina dañina ha sido prevista. (Ver [Apéndice 5C](#).)
- 10. Verificar que la calidad del suministro de aire de los buzos es periódica y completamente probada para asegurar su pureza.
- 11. Informar completamente a la tripulación de botes.
- 12. Verificar que el equipo de seguridad y operacional apropiados está a bordo de los pequeños botes o embarcaciones de buceo.

— Notificar a las Partes Apropiadas que las Operaciones de Buceo Están Listas para Comenzar:

- 1. Oficial de Buceo
- 2. Comandante
- 3. Comandante del Área
- 4. Oficial de Cubierta/Día
- 5. Oficial Comandante en Turno o Comandante de barcos próximos
- 6. Puente, para asegurar que el personal del barco no debe:
 - encender las propelas o thrusters
 - ponerse en camino
 - activar sonar activo u otros electrónicos
 - tirar objetos pesados por la borda
 - levantar el anclaje
- 7. Oficial del Barco en Turno, para asegurar que el personal del barco no debe:
 - activar las descargas al mar o succiones
 - operar los timones de proa o popa
 - operar las ventanas o compuertas de torpedos
 - encender propelas
- 8. Otras Partes y Comandos Interesados:
 - Capitán de Puerto/Oficial de Servicios Portuarios
 - Comandantes en Turno
 - Organizaciones de enlace de la Marina
 - Guardacostas de E.U. (si el aviso por radio a civiles es requerido)
- 9. Notificar a las instalaciones que tienen cámara de recompresión y fuentes de transportación de emergencia que operaciones de buceo están realizándose y su asistencia puede ser necesaria.

Figura 6-19. Lista de Verificación de Seguridad y Planeación de Buceo (hoja 4 de 4)

LISTA DE VERIFICACION DE SEGURIDAD PARA REPARACION DE BARCOS POR BUCEO

(Hoja 1 de 2)

Cuando las operaciones de buceo involucrarán reparaciones de barco a flote, los siguientes procedimientos y medidas de seguridad son requeridos en adición a la Lista de Verificación de Seguridad de Buceo.

SEGURIDAD GENERAL

- A. El Supervisor de Buceo debe informar al personal clave del barco que se va a reparar:
 1. OOD
 2. Jefe de Máquinas
 3. CDO
 4. OOD de barcos próximos
 5. Escuadrón de Operaciones (cuando es requerido)
 6. Oficial de Sistemas de Combate (cuando es requerido)
- B. El Supervisor de Buceo debe requerir que el OOD/en Turno del barco a ser reparado asegure que el equipo apropiado está apagado y etiquetado.
- C. El Supervisor de Buceo debe requerir que el OOD/en Turno le informe cuando la acción ha sido completada y cuando las operaciones de buceo pueden comenzar.
- D. Cuando está listo, el Supervisor de Buceo debe requerir que se muestre las señales de buceo apropiadas en el barco y pase un aviso de actividad de buceo sobre el 1MC cada 30 minutos. Por ejemplo, "Hay buzos trabajando sobre la borda. No operar ningún equipo, tornillos rotatorios, timón, compuertas de torpedos, tomas de succión o descargas al mar, ventilar ningún tanque, activar sonar o equipo electrónico submarino, abrir o cerrar ninguna válvula o la unidad de disposición de basura antes de verificar con el Supervisor de Buceo".
- E. El Supervisor de Buceo debe informar al OOD/Oficial en Turno cuando comienzan las operaciones de buceo y cuando concluyan. En conclusión, el barco será requerido para pasar las palabras en el 1MC, "Las operaciones de buceo han terminado. Vuelvan a la rutina de trabajo normal".
- F. El buceo dentro de 50 pies de una toma de succión activa (localizada al mismo lado de la quilla) que mantiene una succión de 50 gpm o más, no es autorizada, a menos que se considere la reparación como una emergencia y es autorizada por el Comandante del barco en reparación y el barco que lo atiende. Cuando es determinado que la succión marina es mantenida como una succión de menos de 50 gpm y es menor que 50 pies, o manteniendo una succión de más de 50 gpm y es menor que 50 pies pero en el lado opuesto de la quilla, el Supervisor de Buceo debe determinar si la succión marina es un peligro seguro para los buzos antes de conducir cualquier operación de buceo. En todos los casos, el Supervisor de Buceo debe estar consciente de la atención del umbílico del buzo para asegurar que no cruzará sobre o llegue a ser atrapado por una succión marina activa. Buceando sobre submarinos clase 688 y 774 no presenta un peligro para los buzos cuando las bombas ASW están operando a baja velocidad y las bombas MSW están operando en súper-baja velocidad. Los procedimientos de etiquetado de buceo deben realizarse de acuerdo con el TUMS y SORM para asegurar que las bombas ASW no son operadas a rápida velocidad y las bombas MSW no son operadas en rápida o baja velocidad. Los buzos deben estar apropiadamente informados de la localización y estado actual del equipo.

NOTIFICAR AL PERSONAL CLAVE.

- | | | |
|------------------------------------|-----------|---------|
| 1. OOD | _____ | (firma) |
| 2. Jefe de Máquinas | _____ | (firma) |
| 3. CDO | USS _____ | (firma) |
| 4. OOD | USS _____ | (firma) |
| OOD | USS _____ | |
| OOD | USS _____ | |
| OOD | USS _____ | |
| 5. Escuadrón de Operaciones | _____ | |
| 6. Oficial de Servicios Portuarios | _____ | |

(Firma del Supervisor de Buceo)

Figura 6-20. Lista de Verificación de Seguridad para Reparación de Barcos por Buceo (hoja 1 de 2).

LISTA DE VERIFICACION DE SEGURIDAD PARA REPARACION DE BARCOS POR BUCEO
(Hoja 2 de 2)

EQUIPO ETIQUETADO

<u>ETIQUETADO</u>	<u>FIRMA Y RANGO</u>
Timón	_____
Anclas	_____
Palas	_____
Compuertas de tubos de torpedos	_____
Unidad de eliminación de basura	_____
Ventilación de tanques	_____
Rejillas de tanques	_____
Flecha(s) parada(s)	_____
Succión de agua de mar	_____
Descargas al mar	_____
Equipo eléctrico subacuático	_____
Sonares	_____
Otros equipos subacuáticos	_____

USS _____
(nombre del barco)

CDO _____
(firma del CDO)

Figura 6-20. Lista de Verificación de Seguridad para Reparación de Barcos por Buceo (hoja 2 de 2).

LISTA DE VERIFICACION PREVIA A OPERACIONES DE BUCEO CON SUMINISTRO DESDE SUPERFICIE

(Hoja 1 de 3)

PRECAUCION

Esta lista de verificación es una visión generalizada pretendida para usar con los Procedimientos de Operación (POs) detallados en el manual técnico M&O del equipo apropiado.

A. Preparación Básica:

- 1. Verificar que una cámara de recompresión está en el sitio para todos los buceos con descompresión a mayor profundidad que 130 pam.
- 2. Verificar que las señales apropiadas indicando operaciones subacuáticas han sido realizadas y expuestas correctamente.
- 3. Asegurar que todo el personal involucrado, o en la vecindad, está informado de las operaciones de buceo.
- 4. Determinar que todas las válvulas, contactos, controles y componentes de equipo que afecten la operación de buceo están apagados y etiquetados para prevenir apagado o activación accidental.
- 5. Verificar que el sistema de buceo y la cámara de recompresión están certificados con actualización o que un Jefe de Operaciones Navales (CON) admite pasarlos por alto para operar.

B. Equipo de Protección:

- 1. Reunir a todos los miembros del equipo de buceo y personal de apoyo (operadores de winche, tripulantes de botes, vigías, etc.) para una información previa al buceo.
- 2. Reunir y disponer de todo el equipo de buceo, el equipo primario y refacciones de reserva para buzo (o buzo de respaldo), incluyendo todo el equipo y herramienta accesorio.
- 3. Verificar todo el equipo por desgaste superficial, roturas, abolladuras, distorsión u otras discrepancias.
- 4. Verificar todas las máscaras, cascos, mirillas, sellos y visores por daños.
- 5. Verificar todos los arneses, lazos, hebillas de soltado de lastre y cabos por desgaste; renovar como sea necesario.

C. MK 21 MOD 1/KM-37:

- Asegurar que todos los Procedimientos de Operación (POs) han sido realizados de acuerdo con el *Manual Técnico del UBA MK 21 MOD 1*, NAVSEA S6560-AG-OMP-010, o *Manual Técnico del KM-37*

D. MK 20 MOD 0:

- Asegurar que todos los Procedimientos de Operación (POs) han sido realizados de acuerdo con el *Manual Técnico del UBA MK 20 MOD 0*, NAVSEA SS600-AK-MMO-010.

E. Equipo en General:

- 1. Verificar que todo el equipo accesorio – herramientas, luces, sistemas especiales, refacciones, etc., - está en el sitio y en condiciones de trabajo. Al probar las luces, la prueba debe ser realizada con las luces sumergidas en el agua y apagadas antes de sacarlas, para prevenir sobre-calentamiento y falla.
- 2. Montar una canastilla de buceo o sujetar una escalera de buceo. En caso de la canastilla, asegurar que el perno del grillete que conecta la línea de la canastilla está firmemente apretado y sujetado con alambre o una chaveta de seguridad para ayudar a prevenir su abertura.

F. Preparando el Sistema de Buceo:

- 1. Verificar que un suministro de aire primario y uno de respaldo adecuado están disponibles con una capacidad desde el punto de vista de pureza, volumen y presión de suministro para el servicio completo de todos los buzos incluyendo la descompresión, recompresiones y equipo accesorio durante todas las fases de la operación planeada.
- 2. Verificar que todos los procedimientos de operación del sistema de buceo han sido realizados para ponerlo en línea apropiadamente.
- 3. Asegurar que el personal calificado está disponible para operar y permanece de guardia en el sistema de buceo.

Figura 6-21. Lista de Verificación Previa a Operaciones de Buceo con Suministro desde Superficie (hoja 1 de 3).

LISTA DE VERIFICACION PREVIA A OPERACIONES DE BUCEO CON SUMINISTRO DESDE SUPERFICIE

(Hoja 2 de 3)

- 4. Compresores:
 - a. Determinar que combustible suficiente, refrigerante, lubricantes y anticongelantes están disponibles para el servicio de todos los componentes durante la operación. Todos los compresores deben estar cargados totalmente de combustible, lubricados y con su servicio (completamente limpios de todos los derrames).
 - b. Verificar que todos los procedimientos de operación del sistema de buceo han sido realizados apropiadamente para ponerlo en línea.
 - c. Verificar las bitácoras de mantenimiento y reparación para asegurar la conveniencia del compresor (primario y secundario) para soportar la operación.
 - d. Verificar que todos los controles del compresor están apropiadamente marcados y cualquier válvula remota etiquetada con "Suministro de Aire a Buzos – No Tocar".
 - e. Asegurar que el compresor está seguro en la embarcación de buceo y no debe estar sujeto a operar en ángulos, causados por el rolado o bandazos, que excedan 15 grados de la horizontal.
 - f. Verificar que el aceite del compresor es de un tipo aprobado. Verificar que el aceite del compresor no rebasa la marca de Lleno; puede resultar contaminación del suministro de aire por humos o vapores de aceite.
 - g. Verificar que el escape del compresor es expulsado lejos de las áreas de trabajo y, específicamente, que no contamine la toma del compresor.
 - h. Verificar que la entrada del compresor está obteniendo una succión libre y pura, sin contaminación. Use tubos o dirija la entrada a una succión libre si es necesario.
 - i. Verificar todos los filtros, limpiadores y separadores de aceite por limpieza IAW PMS.
 - j. Purgar toda la humedad condensada de los filtros y del fondo de los tanques de volumen. Verificar que todos los tapones de drenaje y válvulas de purga del múltiple están cerrados.
 - k. Verificar que todas las protecciones de las bandas están colocadas apropiadamente sobre las unidades conductoras.
 - l. Verificar todas las válvulas de alivio de presión, válvulas de un solo paso y de carga automáticas.
 - m. Verificar que todas las mangueras de suministro a y del compresor están apropiadamente dirigidas, no pasan cerca de áreas de alto calor tal como líneas de vapor, están libres de mordeduras y torceduras, y no están expuestas sobre cubierta de tal manera que puedan ser rodadas, dañadas o cortadas por maquinaria u otros medios.
 - n. Verificar que todas las mangueras de suministro de presión tienen líneas de seguridad y aliviadoras de tensión sujetadas apropiadamente.

G. Activar el Suministro de Aire de Acuerdo con los POs aprobados:

- 1. Compresores:
 - a. Asegurar que todos los procedimientos de calentamiento son seguidos completamente.
 - b. Verificar todas las válvulas de purga, de los filtros, tapas de filtros, puntos de sobre flujo, y tapones de drenaje por fugas o mal funcionamiento de cualquier clase.
 - c. Verificar que hay un manómetro de presión funcionando apropiadamente en el receptor de aire y que el compresor está cumpliendo con sus requerimientos de entrega.
- 2. Cilindros:
 - a. Manómetros y cilindros para la presión adecuada.
 - b. Verificar disponibilidad y conveniencia de la reserva de los cilindros.
 - c. Verificar todos los manifolds y válvulas por su operación.
 - d. Activar y verificar entrega.
- 3. Para todos los sistemas de suministro. Doble verificación de etiquetas "No Tocar".

Figura 6-21. Lista de Verificación Previa a Operaciones de Buceo con Suministro desde Superficie (hoja 2 de 3).

**LISTA DE VERIFICACION PREVIA A OPERACIONES DE BUCEO CON
SUMINISTRO DESDE SUPERFICIE**
(Hoja 3 de 3)

H. Mangueras de Buceo:

- 1. Asegurar que todas las mangueras tienen una clara dirección y están protegidas del calor excesivo y de daños.
- 2. Verificar la manguera de acuerdo con SMP.
- 3. Asegurar que la manguera (de cualquier longitud) no ha sido usada en un programa de prueba de rompimiento. Ninguna manguera larga involucrada en tal programa debe ser parte de una manguera de buceo operacional.
- 4. Verificar que las mangueras están libres de humedad, material de empaque o tiza.
- 5. Prueba jabonosa a las conexiones de manguera después de conectar la suministro de aire y la presurización.
- 6. Asegurar que la casilla del umbilical está en buenas condiciones.

I. Prueba de equipo con el Suministro de Aire Activado de Acuerdo con los POs. Aprobados:

- 1. Conectar todas las mangueras de aire a los cascos, máscaras y cámara; hacer conexiones entre el suministro de respaldo y el panel de suministro primario.
- 2. Verificar flujo a cascos y máscaras.
- 3. Verificar todas las válvulas de escape y de no retorno.
- 4. Conectar y probar todas las comunicaciones.
- 5. Verificar el flujo de aire desde los suministros primario y secundario a la cámara.

J. Verificación de la Cámara de Recompresión (Solamente previa al buceo):

- 1. Verificar que la cámara está completamente libre y limpia de todo material combustible.
- 2. Verificar el suministro primario y secundario a la cámara y todos los manómetros de presión.
- 3. Verificar que la cámara está libre de olores y otros "contaminantes".
- 4. Conectar y probar todas las comunicaciones.
- 5. Verificar el flujo de aire del suministro primario y secundario a la cámara.

Preparaciones Finales:

- 1. Verificar que todos los registros necesarios, bitácoras y hojas de tiempos están en la estación de buceo.
- 2. Verificar que las tablas de descompresión apropiadas están listas y a la mano.
- 3. Colocar la banca de vestido en posición, razonablemente cerca de la escalera o canastilla de buceo, para minimizar el desplazamiento del buzo.

Figura 6-21. Lista de Verificación Previa a Operaciones de Buceo con Suministro desde Superficie (hoja 3 de 3).

LISTA DE VERIFICACION PARA ASISTENCIA DE EMERGENCIA

CAMARA DE RECOMPRESION

Localización _____
Nombre/Número Telefónico _____
Tiempo de Respuesta _____

TRANSPORTACION AEREA

Localización _____
Nombre/Número Telefónico _____
Tiempo de Respuesta _____

TRANSPORTACION MARITIMA

Localización _____
Nombre/Número Telefónico _____
Tiempo de Respuesta _____

HOSPITAL

Localización _____
Nombre/Número Telefónico _____
Tiempo de Respuesta _____

OFICIAL MEDICO DE BUCEO

Localización _____
Nombre/Número Telefónico _____
Tiempo de Respuesta _____

SUMINISTROS DE GAS

Localización _____
Nombre/Número Telefónico _____
Tiempo de Respuesta _____

COMUNICACIONES

Localización _____
Nombre/Número Telefónico _____
Tiempo de Respuesta _____

UNIDADES DE BUCEO

Localización _____
Nombre/Número Telefónico _____
Tiempo de Respuesta _____

COMANDO

Localización _____
Nombre/Número Telefónico _____
Tiempo de Respuesta _____

CONSULTAS DE EMERGENCIA

**Números de Teléfono 24 Horas del Día
Unidad de Buceo Experimental de la Marina
(NEDU)**

Comercial (850) 234-4351
(850) 230-3100

DSN 436-4351

**Centro de Entrenamiento de Buceo y
Salvamento de la Marina (NDSTS)**

Comercial (850) 234-4651
DSN 436-4651

Figura 6-22. Lista de Verificación para Asistencia de Emergencia.

6-10.6 **Notificación al Personal del Barco.** En el caso de un accidente de buceo o contratiempo en la estación de buceo, debe ser mantenida la calma. Mantener silencio en la borda y tomar las órdenes del Oficial de Buceo, el Jefe de Buceo y/o Supervisor de Buceo.

6-10.7 **Enredado y Atrapado.** El quedar enredado o atrapado es más común con el equipo de suministro desde superficie que con SCUBA, por la facilidad con que el umbilical llega a enredarse. Los buzos deben ser particularmente cuidadosos y observar su propio umbilical, así como el de sus compañeros.

El buzo con suministro desde superficie puede llegar a enredarse más fácilmente, pero usualmente tendrá un amplio suministro de aire mientras trabaja para liberarse. El buzo SCUBA puede no tener otro recurso que quitarse el equipo y hacer un ascenso libre. Si está atorado, el buzo SCUBA debe encarar la posibilidad de quedarse sin aire antes de ser capaz de liberarse.

La primera y más importante acción que un buzo atrapado puede tomar es parar y pensar. El buzo debe conservar la calma, analizar la situación y cuidadosamente tratar de liberarse. El pánico y el esfuerzo excesivo son los más grandes peligros para un buzo atrapado. Si la situación no puede ser resuelta rápidamente, debe obtenerse ayuda. Puede proporcionarse un nuevo umbilical al buzo con suministro desde superficie; al buzo SCUBA se le puede dar un nuevo aparato o se le puede suministrar aire su compañero de buceo.

Una vez que el buzo ha sido liberado y retorna a la superficie, el buzo debe ser examinado y tratado, teniendo en mente las siguientes consideraciones:

- El buzo probablemente estará agotado y emocionalmente exhausto.
- El buzo puede estar sufriendo o estar próximo a hipotermia.
- El buzo puede tener una lesión física.
- Un buzo SCUBA puede estar sufriendo de asfixia. Si ha sido hecho un ascenso libre, puede estar desarrollándose un embolismo gaseoso.
- Puede haber sido omitido significante tiempo de descompresión.

6-10.8 **Falla en el Equipo.** Con equipo bien mantenido que es totalmente inspeccionado y probado antes de cada buceo, las fallas operacionales raramente son un problema. Cuando una falla ocurre, el procedimiento correcto dependerá del tipo de equipo y buceo. Como con la mayoría de las emergencias, el entrenamiento y la experiencia del buzo y del equipo de buceo, será el factor más importante en la resolución segura de la situación.

6-10.8.1 **Pérdida del Suministro de Gas.** Usualmente, cuando un buzo pierde el gas de respiración esto debe ser casi obvio inmediatamente. Algunas configuraciones de aparatos de buceo pueden tener un suministro de gas de emergencia (SGE). Cuando el gas de respiración es interrumpido, el buceo debe ser abortado y el buzo sacado a superficie tan rápido como sea posible. Los buzos al llegar a superficie pueden estar sufriendo de hipoxia, hipercapnia, descompresión omitida o una combinación de las tres, y debe ser tratado acordemente.

6-10.8.2 **Pérdida de Comunicación.** Si la comunicación por audio se pierde en el equipo con suministro desde superficie, el sistema puede haber fallado o el buzo podría estar en problemas. Si la comunicación se pierde:

1. Use las señales por jalones de inmediato. La profundidad, la corriente, el fondo o las condiciones del sitio de trabajo pueden interferir.

- 2.** Verifique la salida de burbujas de aire. Una suspensión o disminución marcada de burbujas puede ser un signo de problema.
- 3.** Escuche por los sonidos del casco de buceo. Si no se escuchan sonidos, el circuito está probablemente fuera de servicio. Si el flujo de burbujas parece normal, el buzo puede estar bien.
- 4.** Si se escuchan sonidos y el buzo no responde a las señales, asuma que el buzo está en problemas.
- 5.** Tenga buzos listos en el fondo para investigar, o mande al de respaldo para hacerlo.

6-10.9

Buzo Perdido. En la planeación de una operación usando SCUBA, deben ser incluidos los procedimientos para buzo perdido en el plan y la información del buceo. La pérdida de contacto con un buzo SCUBA puede ser el primer signo de un problema serio. Si el contacto entre los buzos se pierde, cada buzo debe salir a superficie. Si el buzo no es localizado rápidamente, o no es encontrado en la superficie, el Supervisor de Buceo debe iniciar los procedimientos de búsqueda inmediatamente. Al mismo tiempo, el personal médico debe ser notificado y el equipo de la cámara de recompresión será alertado.

Un buzo perdido está frecuentemente desorientado y confuso, y puede haber dejado el área de operación. La narcosis por nitrógeno u otras complicaciones que involucran la respiración de mezclas, que pueden resultar en confusión, mareo, ansiedad o pánico, son comunes en los buzos perdidos que son recuperados. El buzo puede dañar a los rescatadores sin saberlo. Cuando el buzo es localizado, el rescatador debe acercarse con cautela para prevenir que sea dañado, y analizar brevemente la condición del buzo afectado.

Si el buzo es encontrado inconsciente, deben hacerse intentos por volver a suministrar gas respirable y restaurar la conciencia. Si esto no puede ser realizado, el buzo debe ser llevado a la superficie inmediatamente. Puede ocurrir Embolismo gaseoso durante el ascenso y puede omitirse descompresión significante y puede requerirse la recompresión inmediata. Si es posible proporcionar al buzo un suministro de aire tal como un SCUBA de demanda con manguera sencilla, el rescatador deberá hacerlo durante el ascenso.

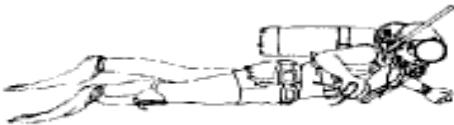
6-10.10

Interrogatorio al Equipo de Buceo. Después de que el día de buceo ha sido completado (o después de que un turno de trabajo ha finalizado si la operación está siendo llevada las 24 horas), todos los miembros del equipo de buceo deben reunirse para un corto interrogatorio de las actividades del día. Esto ofrece a todo el personal una oportunidad para proporcionar retroalimentación al Supervisor de Buceo y a otros miembros del equipo. Esta interacción de grupo puede ayudar a clarificar cualquier confusión que pueda presentarse por falta de comunicación, carencia de información del sitio de buceo o malentendidos de la reunión informativa inicial.

6-11 DATOS DE REFERENCIA DEL EQUIPO DE BUCEO CON AIRE

Hay varios métodos de buceo, los cuales son caracterizados por el equipo de buceo utilizado. Las siguientes descripciones señalan las capacidades y requerimientos logísticos para varios sistemas de buceo con aire.

Características Generales del SCUBA



Principio de Operación:

Sistema de demanda de circuito abierto, autónomo

Equipo Mínimo:

1. Scuba de circuito abierto con válvula J o manómetro de presión sumergible
2. Salvavidas/compensador de flotabilidad
3. Cinturón de lastre (si se requiere)
4. Cuchillo de buceo
5. Visor
6. Aletas
7. Reloj de pulsera sumergible
8. Profundímetro

Principales Aplicaciones:

1. Rastreo en agua poco profunda
2. Inspección
3. Reparación y recuperación ligeras

Ventajas:

1. Despliegue rápido
2. Portátil
3. Requerimientos de apoyo mínimos
4. Excelente movilidad horizontal y vertical
5. Disturbio del fondo mínimo

Desventajas:

1. Resistencia limitada (profundidad y duración)
2. Protección física limitada
3. Influenciado por la corriente
4. Carencia de comunicación por voz (a menos que esté equipado con un sistema de comunicación a través del agua o máscara facial completa)

Restricciones:

Límites de trabajo:

1. Normal 130 pam
2. Máximo 190 pam con el permiso del Comandante u Oficial a Cargo.
3. 100 pam utilizando cilindro(s) SCUBA con menos de 100 p³
4. Buzo de respaldo con al menos 100p³ de capacidad en el cilindro para buceos más profundo de 60 pam
5. Dentro de límites de no-descompresión
6. Corriente – 1 nudo máximo. Corriente mayor a 1 nudo, requiere análisis MRO. Como mínimo el buzo(s) deben estar atendidos o tener una boya de situación.

Consideraciones Operacionales:

1. Requiere buzo de respaldo
2. Es obligatoria una embarcación pequeña para recobrar al buzo durante buceos en mar abierto. Cuando se bucea desde una plataforma grande o cuando el buzo está desatendido y puede ser desplazado del sitio de buceo, p.ej., durante un rastreo en el fondo con corriente fuerte o natación de larga duración.
3. Preferible visibilidad de moderada a buena
4. Se requiere capacidad para ascenso libre a superficie (ver [párrafo 7-8.2](#))

Figura 6-23. Características Generales del SCUBA.

Características Generales del MK 20 MOD 0



Principio de Operación:

Sistema ligero de circuito abierto con suministro desde superficie

Equipo Mínimo:

1. Máscara MK 20 MOD 0
2. Arnés
3. Cinturón de Lastre (como se requiera)
4. Cuchillo de buceo
5. Aletas o botas
6. Umbilical de superficie

Principales Aplicaciones:

Buceo en tanques de lodo y espacios confinados

Ventajas:

1. Suministro de aire ilimitado
2. Buena movilidad horizontal
3. Capacidad de señales por voz y/o por jalones

Desventajas:

1. Protección física limitada

Restricciones:

1. Límite de trabajo: 60 pam
2. Corriente – Arriba de 1.5 nudos requiere peso extra
3. Buceo en espacios confinados requiere un Suministro de Gas de Emergencia (SGE) con manguera de 50 a 150 pies y un regulador segunda etapa

Consideraciones Operacionales:

1. Requiere sistema de suministro de aire adecuado
2. Requiere buzo de respaldo



Máscara MK 20 MOD 0.

Figura 6-24. Características Generales del MK 20 MOD 0.

Características Generales del MK 21 MOD 1, KM-37



Ventajas:

1. Suministro de Aire ilimitado
2. Protección para la cabeza
3. Buena movilidad horizontal
4. Capacidad de señales por voz y/o jalones
5. Despliegue rápido

Desventajas:

1. Movilidad limitada

Restricciones:

1. Límite de trabajo: 190 pam
2. Requiere suministro de gas de emergencia (SGE) a más de 60 pam o buceando dentro de naufragios o espacios confinados
3. Corriente – Arriba de 1.5 nudos requiere peso extra
4. En buceos en espacios confinados requiere un Suministro de Gas de Emergencia (SGE).

Principio de Operación:

Sistema de circuito abierto con suministro desde superficie

Consideraciones Operacionales:

1. Requiere sistema de suministro de aire adecuado
2. Requiere buzo de respaldo

Equipo Mínimo:

1. Casco MK 21 MOD 1, KM-37
2. Arnés
3. Cinturón de lastre (si se requiere)
4. Cuchillo de buceo
5. Aletas o botas
6. Umbilical de superficie
7. Cilindro de SGE a más de 60 pam

Principales Aplicaciones:

1. Búsqueda
2. Salvamento
3. Inspección
4. Mantenimiento de Barcos a Flote y buceo en espacios confinados



CASCO MK 21 MOD 1, KM-37.

Figura 6-25. Características Generales del MK 21 MOD 1, KM-37.

Características del EXO BR MS



Principio de Operación:

Sistema de circuito abierto con suministro desde superficie

Sistema de circuito abierto a demanda, autónomo

Equipo Mínimo:

1. Máscara Facial Completa EXO BR MS
2. Bloque de Distribución (excepto para SCUBA y mantenimiento de barcos en espacios cerrados)
3. Arnés
4. Cinturón de lastre (si se requiere)
5. Cuchillo de buceo
6. Aletas o botas
7. Umbilical de superficie
8. Cilindro de SGE a más de 60 pam

Principales Aplicaciones:

5. Búsqueda
6. Salvamento
7. Inspección
8. Mantenimiento de Barcos a Flote y buceo en espacios confinados

Ventajas:

1. Suministro de Aire ilimitado
2. Buena movilidad horizontal
3. Capacidad de señales por voz y/o jalones
4. Despliegue rápido

Desventajas:

1. Protección física limitada

Restricciones:

1. Límite de trabajo: 190 pam
2. Requiere suministro de gas de emergencia (SGE) a más de 60 pam o buceando dentro de naufragios o espacios confinados
3. Corriente – Arriba de 1.5 nudos requiere peso extra
4. En buceos en espacios confinados requiere un Suministro de Gas de Emergencia (SGE) con 50 a 150 pies y regulador segunda etapa.

Consideraciones Operacionales:

1. Requiere sistema de suministro de aire adecuado
2. Requiere buzo de respaldo



MÁSCARA FACIAL COMPLETA EXO BR MS.

Figura 6-26. Características del EXO BR MS.

Página en blanco intencionalmente

CAPITULO 7

Operaciones de Buceo SCUBA con Aire

7-1 INTRODUCCION

- 7-1.1** **Objetivo.** El propósito de este capítulo es de familiarizar a los buzos con los procedimientos estándar y de emergencia cuando se bucea con equipo SCUBA.
- 7-1.2** **Alcance.** Este capítulo cubre el uso de SCUBA de circuito abierto, el cual es desplegado normalmente en operaciones que no requieren descompresión. Los buceos con descompresión usando SCUBA con aire de circuito abierto, pueden ser emprendidos solamente si no existe otra opción y solo con la autorización del Comandante o el Oficial al Mando (OIC). El aparato de respiración subacuática de circuito cerrado, es el método preferido para desempeñar buceos con descompresión SCUBA. La operación de los sistemas de circuito abierto, circuito cerrado y circuito semi-cerrado diseñados para usar con mezcla de gases u oxígeno se cubre en el [Volumen 4](#).

7-2 EQUIPO REQUERIDO PARA OPERACIONES SCUBA

Cuando menos, cada buzo debe estar equipado con los siguientes artículos para realizar un buceo SCUBA de circuito abierto seguro:

- SCUBA de circuito abierto.
- Visor.
- Salvavidas/chaleco compensador. *
- Cinturón de lastre y plomos como sea requerido. **
- Cuchillo. **
- Aletas.
- Manómetro de presión sumergible o válvula de Reserva J.
- Reloj de pulsera sumergible. Solo se requiere uno cuando se bucea en parejas con una línea entre compañeros. **
- Profundímetro. **
- Octopus. ***

* Durante la fase de resolución de problemas en alberca del entrenamiento SCUBA, los cartuchos de CO₂ deben quitarse y remplazarlos con tapones o cartuchos vacíos que estén pintados de Naranja Internacional.

** Estos artículos no se requieren para la fase de alberca en el entrenamiento SCUBA.

*** A discreción de los Comandantes, basado en el MRO

- 7-2.1** **Equipo Autorizado para uso de la Marina.** Solo el equipo de buceo que ha sido certificado o autorizado para usar por la lista NAVSEA/00C ANU debe ser usado en un

buceo de la Marina. Sin embargo, pueden ser usados muchos artículos, tales como herramientas, los cuales no están especificados en la lista ANU o no son aptos según el alcance de la certificación y que son estimadas como necesarias para el éxito del buceo. Una copia actualizada debe mantenerse para todas las actividades de buceo. Busque por la lista ANU en el sitio web SUPSALV.

7-2.2 SCUBA con Circuito Abierto. Todos los SCUBA con circuito abierto autorizados por la Marina usan un sistema de demanda que suministra aire cada vez que el buzo inhala. Los componentes básicos del SCUBA de circuito abierto son:

- Regulador de demanda
- Uno o más cilindros de aire
- Válvula de cilindro y manifold ensamblado
- Back pack o Arnés

7-2.2.1 Regulador de Demanda. El regulador de demanda es el componente central del sistema de circuito abierto. El regulador entrega aire al buzo después de reducir la alta presión del aire en el cilindro a una presión que puede ser usada por el buzo. Hay dos etapas en el sistema típico ([Figura 7-1](#)).

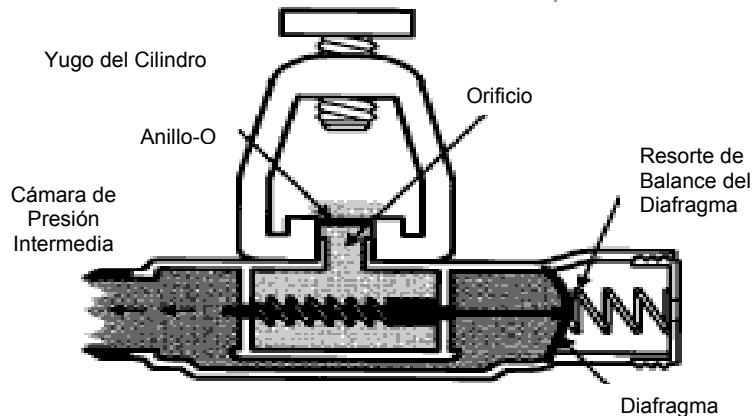
7-2.2.1.1 Primera Etapa. En la primera etapa del regulador, la alta presión de aire desde el cilindro pasa a través de un regulador que reduce la presión del aire a un nivel predeterminado sobre la presión ambiente. Refiérase al manual técnico del regulador para el ajuste específico.

7-2.2.1.2 Segunda Etapa. En la segunda etapa de un regulador, un diafragma móvil es conectado por una palanca a la válvula de baja presión, la cual conduce a una cámara de baja presión. Cuando la presión de aire en la cámara de baja presión iguala la presión ambiente del agua, el diafragma está en la posición central y la válvula de baja presión está cerrada. Cuando el buzo inhala, la presión en la cámara de baja presión se reduce, causando que el diafragma sea empujado hacia el interior por la mayor presión ambiente del agua. El diafragma acciona la válvula de baja presión, la cual se abre, permitiendo que el aire fluya al buzo. A mayor demanda, la válvula de baja presión se abre más ampliamente, permitiendo así que fluya más aire al buzo. Cuando el buzo deja de inhalar, la presión sobre cada lado del diafragma es otra vez balanceada y la válvula de baja presión se cierra. Como el buzo exhala, el aire exhalado pasa a través de al menos una válvula de no retorno y sale al agua.

7-2.2.1.3 Reguladores de Manguera Sencilla. En el regulador de demanda de dos etapas, de manguera sencilla, la primera etapa es montada sobre el ensamble de la válvula del cilindro. El ensamble de la segunda etapa incluye la boquilla y una válvula para expulsar el aire exhalado directamente al agua. Las dos etapas están conectadas por una manguera de baja presión, la cual pasa sobre el hombro derecho del buzo. La segunda etapa tiene un botón de purga, el cual, cuando es activado permite que el aire a baja presión fluya a través del regulador y la boquilla, forzando a salir cualquier agua que pueda haber entrado al sistema. Las principales desventajas de la unidad de manguera sencilla es un incremento en la tendencia a congelarse en agua muy fría y el escape de aire enfrente de la máscara del buzo. Aunque el sistema SMP de la Marina proporciona las guías para reparar y mantener los reguladores SCUBA, deben seguirse los procedimientos específicos del manual de servicio del fabricante.

7-2.2.1.4 Mascara Facial Completa. La máscara AGA/Divator puede ser usada con una primera etapa de regulador y manguera sencilla con un octopus aprobados, para la máxima profundidad aprobada para el regulador, como está indicado en la lista NAVSEA/00C ANU ([Figura 7-2](#)).

Válvula de Primer Etapa



Primer Etapa: El aire a alta presión fluye a través del orificio de la primera etapa hacia la cámara intermedia. Cuando la presión en la cámara intermedia alcanza la presión ambiente más la ajustada por el resorte de balance del diafragma, la primera etapa se cierra.

Válvula de Segunda Etapa

Segunda Etapa. Durante la inhalación, el diafragma de la segunda etapa se mueve hacia dentro y la palanca de herradura abre la válvula de la segunda etapa. El aire a presión intermedia desde la manguera es estrangulado a través del orificio y llena la cámara de baja presión a la presión ambiente y el flujo es proporcionado al buzo. Durante la exhalación, el diafragma es empujado hacia fuera y la segunda etapa se cierra. El aire expirado es descargado desde la cámara de baja presión al agua a través de la válvula de escape.

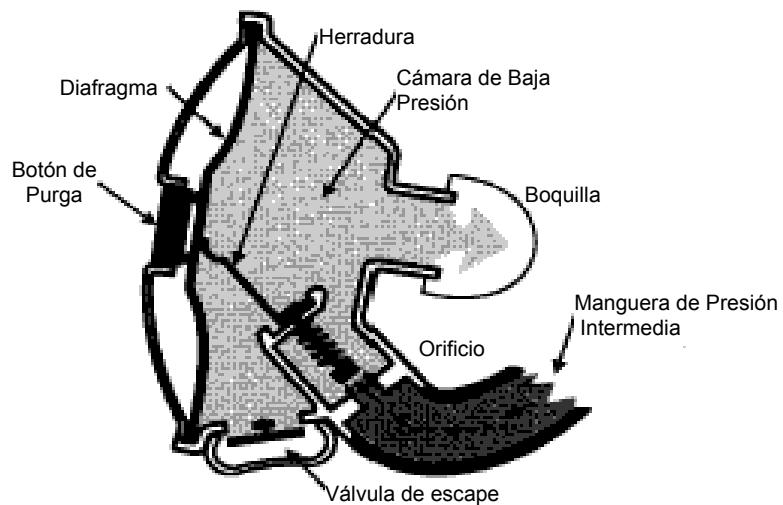


Figura 7-1. Esquema del Regulador de Demanda.



Figura 7-2. Máscara Facial Completa (MFC).

- 7-2.2.1.5 **Boquilla.** El tamaño y diseño de las boquillas SCUBA difieren entre los fabricantes, pero cada boquilla proporciona pasajes relativamente herméticos para entregar aire de respiración dentro de la boca del buzo. La boquilla debe adaptarse confortablemente con ligera presión de los labios.
- 7.2.2.1.6 **Octopus (Pulpo).** Un octopus es una manguera sencilla adicional de regulador de segunda etapa conectada al regulador de primera etapa del buzo, y puede ser utilizado en caso de falla del regulador de segunda etapa del buzo o para respiración compartida. El octopus debe ser un regulador de segunda etapa aprobado por ANU. La longitud de la manguera y las marcas de designación son a discreción del supervisor de buceo. Es obligatorio un octopus para los buzos de respaldo. El uso de un octopus es el método preferido para realizar respiración compartida (ver [párrafo 7-7.7](#)). Durante la inspección previa al buceo, el buzo debe respirar del octopus para asegurar que está trabajando apropiadamente.
- 7-2.2.2 **Cilindros.** Los cilindros SCUBA (tanques o botellas) están diseñados para soportar aire comprimido a alta presión. Debido a la tensión extrema impuesta sobre un cilindro a estas presiones, todos los cilindros usados en buceo SCUBA deben ser inspeccionados y probados periódicamente. Los cilindros sin costura de acero o aluminio, los cuales cumplen las especificaciones del Departamento de Transporte (DOT) (DOT 3AA, DOT 3AL, DOT SP6498, y DOT E6498) son aprobados para el uso de la Marina. Cada cilindro usado en las operaciones de la Marina tiene símbolos estampados en el hombro ([Figura 7-3](#)).
- 7-2.2.2.1 **Tamaños de los Cilindros SCUBA Aprobados.** Los cilindros SCUBA están disponibles en varios tamaños y uno o dos cilindros pueden ser usados para proporcionar la cantidad requerida de aire para el buceo. El volumen de un cilindro, expresado en pies cúbicos reales o pulgadas cúbicas, es una medida del volumen interno de los cilindros. La capacidad de un cilindro, expresado en pies cúbicos estándar o litros, es la cantidad de gas (medido en condiciones de superficie) que el cilindro soporta cuando está cargado a su presión tasada. La [Tabla 7-1](#) hace una lista del tamaño de algunos cilindros SCUBA estándar. Refiérase a la lista NAVSEA/00C ANU por los cilindros SCUBA aprobados.

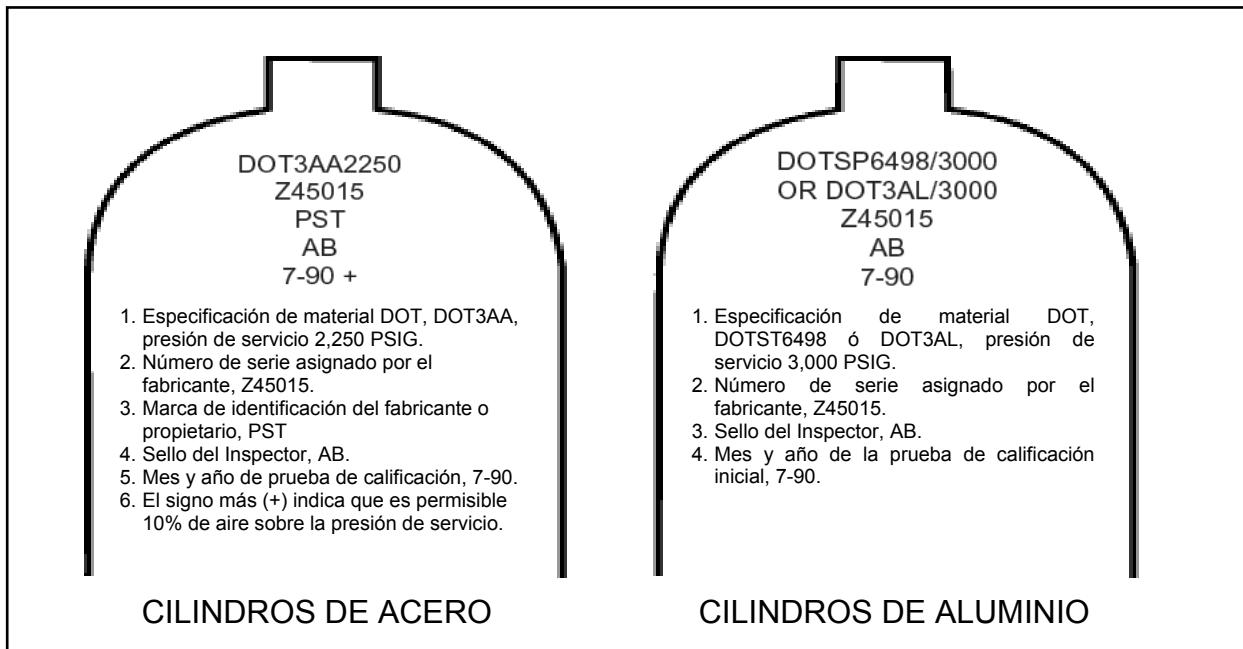


Figura 7-3. Marcas de Identificación Típicas de los Cilindros de Gas.

Tabla 7-1. Muestra de Datos de los Cilindros SCUBA

Descripción de Cilindro de Circuito Abierto (Nota 1)	Presión de Trabajo Tasada (PSIG)	Volumen Interno (pies ³)	Capacidad Absoluta de Aire a la Presión Tasada (pies ³)	Presión de Reserva
Acero 72	2,250	0.420	64.7	500
Acero 100	3,500	0.445	106.4	500
Acero 120	3,500	0.526	125.7	500
Aluminio 50	3,000	0.281	48.5	500
Aluminio 63	3,000	0.319	65.5	500
Aluminio 80	3,000	0.399	81.85	500
Aluminio 100	3,300	0.470	105.9	500

Nota 1: El cilindro SCUBA de cincuenta pies cúbicos es el tamaño mínimo autorizado. Los equipos SEAL tienen autorizado cilindros más pequeños para operaciones especiales.

Nota 2: Para requerimientos de Cilindros de SGE refiérase al [párrafo 8-2.2.1](#).

7-2.2.2.2

Requerimientos de Inspección. Los cilindros SCUBA de circuito abierto deben ser inspeccionados visualmente cuando menos cada 12 meses y cada vez que se sospeche agua o partículas de materia en el cilindro. Los cilindros que contengan acumulación visible de corrosión, deben ser limpiados antes de ser puestos en servicio. Los cilindros scuba de acero y aluminio disponibles comercialmente, como los especificados en la lista NAVSEA/00C ANU, los cuales cumplen las especificaciones DOT, también como los cilindros SCUBA diseñados por las especificaciones de la Marina, deben ser inspeccionados visualmente cuando menos anualmente y deben ser probados hidrostáticamente al menos cada cinco años, de acuerdo con las regulaciones DOT y las de la Asociación de Gas Comprimido (CGA), panfletos C-1 y C-6.

- 7-2.2.2.3** **Guías para el Manejo de Cilindros.** Las regulaciones de seguridad general gobiernan el manejo y uso de los cilindros de gas comprimido a bordo de los barcos de la Marina y están contenidas en NAVSEA 0901-LP-230-0002, NSTM Capítulo 550, “Manejo de Gas Comprimido”. Las personas responsables del manejo, almacenamiento y carga de los cilindros SCUBA deben estar familiarizadas con estas regulaciones. Las reglas de seguridad que aplican a los cilindros SCUBA están contenidas en el [párrafo 7-4.5](#). Ya que los cilindros SCUBA están sujetos a manejo continuo y debido a los peligros presentados por una unidad dañada, es obligatorio adherirse estrechamente a las reglas.
- 7-2.2.3** **Válvulas de Cilindros y Manifold.** Las válvulas de los cilindros y los manifolds forman el sistema que pasa el aire a alta presión desde los cilindros a la primera etapa del regulador. La válvula del cilindro sirve como una válvula de encendido/apagado y está sellada al tanque por una conexión macho de rosca recta conteniendo un anillo-O de neopreno sobre el cuerpo de la válvula.
- 7-2.2.3.1** **Tapones de Ruptura y Discos de Seguridad.** Las válvulas de los cilindros contienen unos tapones de ruptura o discos de seguridad de alta presión para el caso de un aumento excesivo de la presión. Cuando se usa un manifold doble, son instalados dos tapones o discos de seguridad como está especificado en el manual técnico del fabricante.
- Para equipo de buceo estándar, es recomendado un disco o tapón de seguridad similar al del equipo nuevo. El tapón y disco de seguridad no siempre son identificados por el Número de Existencias Nacional (NSN), pero están disponibles comercialmente.
- 7-2.2.3.2** **Conectores del Manifold.** Si van a ser usados dos o más cilindros juntos, es necesaria una unidad de manifold para proporcionar la interconexión necesaria. La mayoría de los manifolds incorporan un anillo-O como sello, pero algunos modelos antiguos pueden tener un diseño de rosca encintada (tubería). Un tipo no conectará con el otro tipo.
- 7-2.2.3.3** **Requerimientos de Manómetros de Presión.** Es preferida una válvula con una reserva de aire (válvula J). Cuando es usada una válvula de cilindro sin reserva de aire (válvula K), el regulador SCUBA debe estar equipado con un manómetro de presión sumergible para indicar la presión que contiene el cilindro. El buceo debe terminarse cuando la presión del cilindro alcanza 500 psi para un cilindro sencillo o 250 psi para manifold con dos cilindros. El mecanismo de reserva de aire alerta al buzo que el suministro de aire disponible está casi terminado y proporciona al buzo suficiente aire de reserva para alcanzar la superficie. El mecanismo de aire de reserva contiene una válvula con un resorte de carga. Cuando empieza a incrementarse la dificultad para obtener una respiración completa, el buzo debe alcanzar la palanca de reserva sobre su hombro izquierdo y bajarla, abriendo la válvula de reserva dejando disponible el aire remanente.
- El plan de buceo no debe extender el tiempo de fondo incluyendo el uso de la reserva de aire. El buzo nunca debe asumir que la reserva de suministro de aire será proporcionada. Cuando la resistencia a la respiración llega a ser obvia, el buzo debe notificar a su compañero de buceo que el suministro de aire está bajo y ambos deben iniciar el ascenso a superficie inmediatamente. **El buceo debe ser terminado cuando cualquiera de los buzos accione la reserva de aire.**
- 7-2.2.4** **Backpack o Arnés.** Ha sido aprobado para uso de la Marina una variedad de backpack o arneses, usados para sostener el SCUBA sobre la espalda del buzo. El backpack puede incluir un marco ligero, con el cilindro(s) sujeto en su lugar con abrazaderas o correas. El sistema usual para asegurar el cilindro al buzo usa correas en los hombros y cintura. Todas las correas deben tener un sistema de soltado rápido, fácilmente operable por cualquier mano, de manera que el buzo pueda quitarse el cilindro y dejarlo atrás en una emergencia.

7-2.3 Equipo Mínimo.

7-2.3.1

Visor. El visor protege del agua los ojos y nariz del buzo. Además, le proporciona máxima visibilidad poniéndole una capa de aire entre los ojos y el agua.

Los visores están disponibles en una variedad de formas y tamaños para la comodidad del buzo. Para probar que le sienta adecuadamente, sostenga el visor en su lugar con una mano e inhale suavemente a través de la nariz. La succión producida debe mantener el visor en su lugar. Póngase el visor con la correa de la cabeza apropiadamente ajustada, e inhale suavemente a través de la nariz. Si el visor sella, le proporcionará un buen sello en el agua.

Algunos visores están equipados con una válvula de purga de un solo paso para ayudar a eliminar el agua del visor. Algunos visores tienen muescas o una almohadilla de neopreno en la nariz para permitir al buzo bloquear las narinas para igualar la presión en los oídos y los senos. Varios modelos están disponibles para buzos que usan lentes. Un tipo proporciona una mirilla graduada por prescripción, mientras otro tipo tiene sujetadores especiales para lentes separados. Todas las mirillas deben estar construidas de cristal de seguridad templado o inastillable, porque los hechos de vidrio ordinario pueden ser peligrosos. Los de carátula de plástico son generalmente inadecuados porque se empañan y rayan fácilmente.

El tamaño y forma de la mirilla es cuestión de elección personal, pero el buzo debe usar un visor que proporcione un amplio y claro rango de visión.

7-2.3.2

Salvavidas. La principal función del salvavidas es para asistir al buzo en el ascenso a superficie en una emergencia y para mantener al buzo sobre la superficie en una posición con la cara hacia arriba ([Figura 7-4](#)). El dispositivo de inflado de baja presión en el salvavidas puede ser activado por el buzo, o por un compañero de buceo si el buzo está inconsciente o incapacitado de alguna manera.

Todos los modelos usados por la Marina deben estar autorizados por NAVSEA/00C Lista Autorizada para Uso de la Marina, y tener un dispositivo de inflado manual además del dispositivo de inflado de baja presión. Con la excepción de los UDT (9C-4220-00-276-8929), se requiere una válvula de sobre-inflación o de alivio, para asegurar contra la posible ruptura del salvavidas en el ascenso. Algunos modelos ANU están disponibles comercialmente, mientras otros pueden obtenerse a través del sistema de suministro de la marina. En la selección de un salvavidas para un trabajo específico, debe consultarse el manual técnico individual. El uso de ciertos UBA cerrados y semi-cerrados requerirá el uso de un salvavidas.



Figura 7-4. Salvavidas

El salvavidas debe ser lo suficientemente fuerte para resistir el uso y roce normal, y de suficiente volumen para subir en forma segura a un buzo inconsciente desde la máxima profundidad de buceo a la superficie.

La mayoría de los salvavidas usados actualmente emplean cartuchos de CO₂ para inflarlos en una emergencia. Los cartuchos deben tener el tamaño apropiado para el salvavidas. Los cartuchos deben ser pesados antes de usar, de acuerdo con el sistema de mantenimiento planeado (SMP) para el salvavidas, para asegurar que el peso actual concuerda con la

tolerancia de peso para el cilindro del cartucho. Los cartuchos de CO₂ usados con los salvavidas disponibles comercialmente con infladores de baja presión no tienen el peso estampado en el cilindro del cartucho. El peso real de estos cartuchos debe inscribirse sobre el cartucho, y estar dentro de la tolerancia de peso.

7-2.3.3

Compensador de Flotabilidad. Cuando no se requiere un salvavidas para un UBA específico, puede usarse un compensador de flotabilidad a discreción del Supervisor de Buceo. Cuando se selecciona un compensador de flotabilidad, deben ser considerados un número de factores. Estos factores incluyen: tipo de traje húmedo, profundidad de buceo, características del equipo de respiración, naturaleza de la actividad de buceo, equipo accesorio y cinturón de lastre. Una lista de los compensadores de flotabilidad aprobados está contenida en la NAVSEA/00C Lista Autorizada para uso de la Marina (ANU).

Como un dispositivo compensador de flotabilidad, el compensador puede ser inflado por un inflador de baja presión conectado a la primera etapa del regulador, o a un tubo de inflación oral. Cualquier compensador de flotabilidad seleccionado para uso de la Marina debe tener una válvula de alivio de sobrepresión. El compensador es usado en conjunto con el peso del buzo para controlar la flotabilidad en la columna de agua permitiendo al buzo el incremento del desplazamiento a través del dispositivo de inflación, o para disminuir el desplazamiento purgándolo. Se requiere entrenamiento y práctica bajo condiciones controladas para dominar la técnica de compensación de la flotabilidad. Una rápida y excesiva inflación pueden causar flotabilidad exagerada y un ascenso descontrolado. Los buzos deben purgar el aire del compensador sistemáticamente durante el ascenso para mantener el control apropiado. Los pesos instalados en un compensador de flotabilidad tipo chaleco deben ser desprendibles.

Refiérase al manual técnico apropiado por las instrucciones completas de operación y mantenimiento de este equipo. A discreción del supervisor de buceo, cuando se utiliza un traje seco de volumen variable (TSVV), no es requerido un Compensador de Flotabilidad.

PRECAUCIÓN

Antes del uso de un TSVV como compensador de flotabilidad, los buzos deben estar completamente familiarizados con su uso.

7-2.3.4

Cinturón de Lastre. El SCUBA está diseñado para tener cerca la flotabilidad neutra. Con los tanques llenos, una unidad tiende a tener flotabilidad negativa, llegando a ser ligeramente positiva conforme el suministro de aire es consumido. La mayoría de los buzos tienen flotabilidad positiva y necesitan agregar peso extra para alcanzar un estado neutro o ligeramente negativo. Este peso extra es suministrado por un cinturón de lastre usado por fuera de todo el otro equipo y sujeto de manera que pueda ser fácilmente liberado en el caso de una emergencia.

Cada buzo puede seleccionar el estilo y tamaño de cinturón y peso que mejor le convenga. Está disponible un número de diferentes modelos. Un cinturón de lastre debe cumplir ciertos estándares básicos: la hebilla debe ser de soltado rápido, fácilmente operada por cualquier mano; los pesos (normalmente hechos de plomo) deben tener bordes lisos para que no irriten la piel del buzo o dañen cualquier ropa de protección, y el cinturón debe ser hecho de tejido resistente al moho y a la descomposición, tal como la lona de nylon.

7-2.3.5

Cuchillo. Están disponibles diversos tipos de cuchillos. Para misiones EOD y otras especiales, se usan cuchillos no magnéticos, diseñados para usar cuando se bucea cerca de minas con influencia magnética.

Los cuchillos pueden tener hojas con filo doble o sencillo y terminar en punta o en forma de cincel. El más útil de los cuchillos tiene un borde afilado y otro dentado. Todos los cuchillos deben mantenerse afilados.

El cuchillo debe llevarse en una funda, puesto sobre el salvavidas, la cadera, el muslo o la pantorrilla. Debe estar fácilmente accesible, no debe interferir con el movimiento del cuerpo y estar colocado de manera que no se atore mientras se nada o trabaja. La funda debe contener al cuchillo por medio de un seguro efectivo pero de fácil liberación.

El cuchillo y la funda no deben ser asegurados al cinturón de lastre. Si el lastre es liberado en una emergencia, el cuchillo también puede caerse.

- 7-2.3.6 **Aletas.** Las aletas incrementan la eficiencia del buzo, permitiéndole nadar más rápido en rangos más amplios con menor gasto de energía. Las aletas están hechas de una variedad de materiales y estilos.

Cada característica – flexibilidad, tamaño de la hoja y configuración – contribuye a la fuerza relativa de la aleta. Una hoja grande transmitirá más poder de las piernas al agua, a condición de que las piernas sean lo suficiente fuertes para usar una hoja grande. Las hojas pequeñas o blandas deben evitarse. Finalmente, la selección del tipo de hoja es un asunto de preferencia personal basado en la fuerza y experiencia del buzo.

- 7-2.3.7 **Reloj de Pulsera.** Los relojes de buceo analógicos deben ser impermeables, resistentes a la presión y equipados con un bisel giratorio fuera de la carátula, que pueda ser ajustado para indicar el lapso de tiempo de un buceo. Es también necesaria una carátula luminosa con números grandes. Están disponibles características adicionales, tales como cuerda automática, componentes no magnéticos y cronómetro. Los relojes digitales, con un cronómetro para indicar el lapso de tiempo de un buceo, también están aprobados para usar en la Marina.

- 7-2.3.8 **Profundímetro.** El profundímetro mide la presión creada por la columna de agua arriba del buzo y es calibrado para proporcionar una lectura directa de la profundidad en pies de agua de mar. Debe ser diseñado para ser leído bajo condiciones de visibilidad limitada. El mecanismo del profundímetro es delicado y debe ser manejado con cuidado. La determinación precisa de la profundidad es importante para la seguridad del buzo. La precisión de un profundímetro debe ser verificada de acuerdo con el sistema de mantenimiento planeado o cuando se sospecha un mal funcionamiento. Esto puede hacerse tomando el profundímetro para una profundidad conocida y verificando la lectura, o colocándolo en una cámara de recompresión o cámara de prueba de presión para la comparación de profundidad.

7-3 EQUIPO OPCIONAL PARA OPERACIONES SCUBA

Los requerimientos de una operación de buceo específica determinan que artículos del equipo de buceo opcional pueden ser necesarios. Esta sección hace una lista de algunos de los equipos que pueden ser usados.

- Ropa de protección
 - Traje húmedo
 - Traje seco de volumen variable
 - Guantes
 - Capuchas
 - Botas o zapatos de suela dura
- Silbato
- Pizarra y lápiz
- Herramientas y luz
- Bengalas
- Bolsa de herramientas

- Radiofaro
- Líneas y flotadores
- Compás de pulsera
- Boyas de señalamiento
- Snorkel
- Manómetro de presión del cilindro sumergible (ver nota)
- Luz química y luz estroboscópica

NOTA **Se requiere manómetro de presión del cilindro sumergible cuando se utiliza válvula K**

7-3.1 Ropa de Protección. Un buzo necesita alguna forma de protección para el agua fría, la pérdida de calor durante largas exposiciones en agua de temperatura moderada, la contaminación química o bacteriana en el agua, y de los peligros planteados por la vida marina y los obstáculos submarinos. La protección puede ser proporcionada por un traje húmedo o un traje seco, con o sin ropa interior térmica ([Figura 7-5](#)).

7-3.1.1 Trajes Húmedos. El traje húmedo es de forma ajustada, usualmente hecho de neopreno de células cerradas. El traje atrapa una delgada capa de agua próxima a la piel del buzo, donde es calentada por el cuerpo. Los trajes húmedos están disponibles en espesores de 1/8-, 3/16-, 3/8- y ½ - pulgada, con mayor espesor proporciona mejor aislamiento. La selección del tipo de traje húmedo se deja a cada buzo. Los trajes de talla estándar están disponibles en la mayoría de las tiendas de buceo comercial. La medida adecuada es crítica en la selección de un traje húmedo. El traje no debe restringir los movimientos del buzo. Se recomienda un traje hecho a la medida. El desempeño de un traje depende del espesor, la temperatura del agua y la profundidad.

7-3.1.2 Trajes Secos. El traje seco de volumen variable (TSVV) ha probado ser efectivo para mantener a los buzos calientes en agua próxima a la congelación. Es construido típicamente de neopreno de células cerradas de ¼ de pulgada, con refuerzo de nylon en ambos lados. Las botas están provistas como parte integral del traje, pero la capucha y los guantes de tres dedos están usualmente separados. Se entra al traje por medio de un cierre hermético al agua y a la presión. La insuflación es controlada usando válvulas de entrada y salida, las cuales están fijas al traje. El aire es suministrado desde un reductor de presión sobre un cilindro auxiliar, desde el suministro de gas de emergencia o el cilindro SCUBA. Se requieren cerca de 0.2 pies cúbicos reales de aire para la insuflación normal. Debido a esta insuflación, se debe usar un poco más de peso que el que sería llevado con un traje húmedo. Normalmente, puede ser usada ropa interior térmica bajo el traje para aislamiento.

Los trajes húmedos o secos pueden usarse con capuchas, guantes, botas o botas de suela rígida, dependiendo de las condiciones. Si el buzo trabajará bajo condiciones donde el traje puede rasgarse o perforarse fácilmente, el buzo debe proveerse con protección adicional, tal como overoles o ropa de lona gruesa.

7-3.1.3 Guantes. Los guantes son un artículo esencial de la ropa de protección. Pueden estar hechos de piel, tela o goma, dependiendo del grado y tipo de protección requerida. Los guantes escudan las manos de cortadas y rozaduras, y proporcionan protección del agua fría. Algunos estilos están diseñados para tener propiedades aislantes, pero pueden limitar la destreza del buzo.

7-3.1.4 Pizarra de Escritura. Una hoja de superficie rugosa o de acrílico hace una excelente pizarra de escritura para pasar datos, llevar o pasar instrucciones y para comunicación entre los buzos. Un crayón o lápiz de grafito debe ser atado a la pizarra por medio de una cuerda.

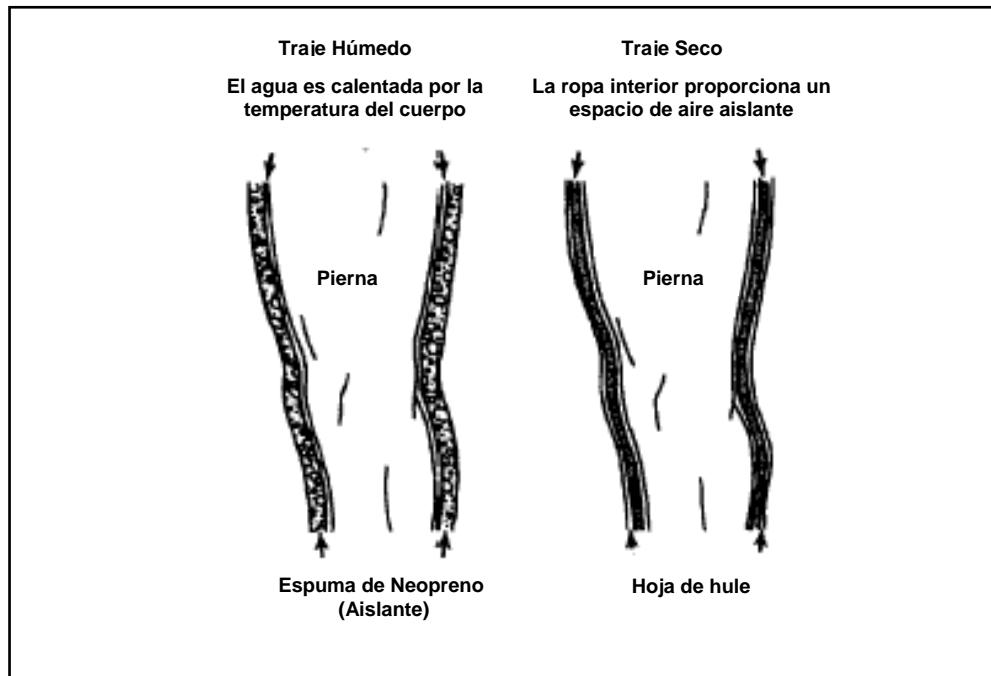


Figura 7-5. Ropa de Protección.

7-3.1.5

Bengalas. Se usa una bengala para atraer la atención si el buzo ha salido a la superficie lejos del personal de apoyo. Cualquier bengala impermeable puede ser usada, que pueda ser llevada y prendida con seguridad, pero el tipo preferido es el MK 99 MOD 3 (NSN 1370-01-177-4072; la cartuchera es NSN 1370-01-194-0844). Estas son señales para día o noche, las cuales dan un humo espeso anaranjado para el día y una luz rojo brillante en la noche. Cada señal dura aproximadamente 45 segundos y resistirá la sumersión a profundidad de hasta 200 pam sin efectos adversos. Un tapón de forma hexagonal marcado HUMO esta roscado en el ensamble de humo y un tapón con ocho surcos marcado Bengala está roscado en el ensamble de la bengala. También están disponibles la MK 131 MOD 0 (NSN 1370-01-252-0318) y la MK 132 MOD 0 (NSN 1370-01-252-0317). El MK 131 es para señalar emergencias de día, mientras el MK 132 es para la noche. La única diferencia entre la MK 99 y el MK 131/132, aparte de que la MK 99 es una bengala combinada para día/noche que da humo amarillo y luz, es que la MK 99 satisface las limitaciones de efecto magnético de MIL-M-19595 para disposición de material explosivo. Las bengalas deben ser manejadas con cuidado. Por seguridad, cada buzo debe llevar un máximo de dos bengalas. Todos los buzos de combate asignados en operaciones de submarino Cobertizo Seco en Cubierta deben guardar las bengalas en el hangar antes de entrar en el submarino.

7-3.1.6

Radiofaro. Los radiofaros o pinger son dispositivos operados por baterías que emiten señales de alta frecuencia cuando son activados. Los aparatos pueden ser usados por los buzos para ayudar a mantener el rastro de su posición o atados a objetos para servir como puntos de referencia fijos. Las señales pueden ser recogidas por un receptor de sonar sostenido con la mano, el cual es usado en el modo pasivo o de escucha, en rangos de hasta 1,000 yardas. El sonar sostenido en la mano permite al buzo determinar la dirección de la fuente de la señal y nadar hacia el pinger usando la orientación notada sobre un compás.

7-3.1.7

Líneas y Flotadores. Debe usarse una línea de vida cuando es necesario intercambiar señales, mantener el rastro de la localización del buzo u operar con visibilidad limitada. Hay tres tipos básicos de líneas de vida: línea de vigilancia, línea de flotador y línea entre compañeros.

Un buzo solitario será atendido con una línea de vigilancia o una línea de flotador. Cuando el acceso directo a la superficie no es factible, es obligatoria una línea de vigilancia. Puede no ser usada una línea de flotador.

La línea de flotador llega desde el buzo a un flotador apropiado en la superficie. Este flotador puede ser una pieza de madera con pintura brillante, una botella de plástico vacía y sellada, un aro salvavidas o cualquier objeto visible de flotación similar. Una cámara de llanta con una bandera de buceo hace un excelente flotador y proporciona un asidero para el buzo en superficie. Si un par de buzos están involucrados en un rastreo, el uso de un flotador común les da un punto de reunión. Las líneas adicionales para herramientas u otros equipos pueden ser atadas al flotador. Una línea entre compañeros, de 6 a 10 pies de largo, se usa para conectar a la pareja de buceo en la noche o cuando la visibilidad es mala.

Cualquier línea usada en operaciones scuba debe ser fuerte y tener flotabilidad neutra o ligeramente positiva. El nylon, Dacron y manila son todos materiales adecuados. Se debe atar siempre la línea de vida al buzo, nunca a una pieza del equipo que pueda ser rasgada o removida en una emergencia.

7-3.1.8 Snorkel. Un snorkel es un simple tubo de respiración que permite nadar al buzo en la superficie por largas o cortas distancias con la cara en el agua. Esto permite al buzo buscar en aguas poco profundas desde la superficie, conservando el aire de suministro del SCUBA. Cuando es usado el snorkel para buceo libre, frecuentemente es fijado al visor con una cuerda o conector de hule en el lado opuesto del regulador.

7-3.1.9 Compás (Brújula). En la navegación subacuática son usadas comúnmente pequeñas brújulas magnéticas. Tales brújulas no son altamente precisas, pero pueden ser valiosas cuando la visibilidad es mala. Las brújulas de pulsera, los relojes y profundímetros sumergibles, cubiertos por la NAVSUPINST serie 5101.6 son artículos controlados por la Comisión Reguladora Nuclear y requieren prueba de fugas y reporte cada 6 meses.

7-3.1.10 Manómetro de Presión del Cilindro Sumergible. El manómetro de presión del cilindro sumergible proporciona al buzo una lectura continua del remanente de aire en el cilindro(s). Diversos manómetros sumergibles adecuados para el uso de la Marina están disponibles comercialmente. La mayoría están equipados con 2 ó 3 pies de manguera flexible de alta presión con conectores estándar, y están aseguradas directamente en la primera etapa del regulador. Cuando se abre el cilindro, el buzo debe apartar la cara del manómetro, por el caso de una explosión. Cuando se usa, el manómetro y la manguera deben ser metidos bajo una correa en el hombro o asegurados de otra manera para evitar que se enrede con los escombros del fondo u otros equipos. El manómetro debe estar calibrado de acuerdo con el sistema de mantenimiento planeado del equipo.

7-4 SUMINISTRO DE AIRE

Una importante etapa al inicio de cualquier buceo SCUBA es el cálculo de los requerimientos de aire. Estos están en función de la duración esperada del buceo a una profundidad de trabajo específica. La duración del aire en el cilindro depende de la profundidad en la que el aire es consumido. El consumo se incrementa con la profundidad.

7-4.1 Duración del Suministro de Aire. La duración del suministro de aire de un cilindro dado o combinación de cilindros depende de:

- El ritmo de consumo del buzo, el cual varía con el ritmo de trabajo,
- La profundidad del buceo, y
- La capacidad y presión mínima recomendada del cilindro(s).

La temperatura normalmente no es significante en el cálculo de la duración del suministro de aire, a menos que las condiciones de la temperatura sean extremas. Cuando se bucea en condiciones de temperaturas extremas, deben aplicarse las leyes de Charles/Gay-Lussac.

Hay tres pasos en el cálculo de cuánto durará el suministro de aire de un buzo:

1. Calcule el ritmo de consumo del buzo usando esta fórmula:

$$C = \frac{D + 33}{33} \times RMV$$

Donde:

C = Ritmo de consumo del buzo, en pies cúbicos por minuto estándar (scfm)

D = Profundidad, pam

VRM = Volumen Respiratorio Minuto del buzo, en pies cúbicos por minuto reales (acfpm)
[\(de la Figura 3-6\)](#)

2. Calcule la capacidad de aire disponible proporcionada por los cilindros. La capacidad de aire debe ser expresada como la capacidad que realmente está disponible para el buzo, más bien que como una capacidad total del cilindro. La fórmula para calcular el aire disponible es:

$$Cd = \frac{Pc - Pm}{14.7} \times (VI \times N)$$

Donde:

Pc = Presión medida del cilindro, en psig

Pm = Presión mínima del cilindro, en psig

VI = Volumen interno (p^3)

N = Número de cilindros

Cd = Capacidad disponible (p^3)

1. Calcule la duración de la capacidad disponible (en minutos) usando esta fórmula:

$$\text{Duración} = \frac{Cd}{C}$$

Donde:

Cd = Capacidad disponible, en pies cúbicos (p^3)

C = Ritmo de consumo, en pies cúbicos por minutos estándar

Problema muestra. Determine la duración del suministro de aire de un buzo haciendo trabajo moderado a 70 pam usando cilindros dobles de acero, de 72 pies cúbicos, cargados a 2,250 psig.

- 1.** Calcule el ritmo de consumo del buzo en p^3/min estándar. De acuerdo a la [Figura 3-6](#), el ritmo de consumo del buzo a profundidad es $1.4 \text{ p}^3/\text{min}$ reales.

$$C = \frac{D + 33}{33} \times \text{VRM}$$

$$= \frac{70 + 33}{33} \times 1.4$$

$$= 4.37 \text{ p}^3/\text{min} \text{ estándar}$$

- 2.** Calcule la capacidad de aire disponible proporcionada por los cilindros. La [Tabla 7-1](#) contiene los datos de los cilindros usados en estos cálculos:

- Volumen Interno = 0.420 p^3
- Presión de trabajo tasada = 2250 psig
- Presión de reserva para cilindros dobles de 72 pies cúbicos = 250 psig

$$Cd = \frac{P_c - P_m}{14.7} \times (VI \times N)$$

$$= \frac{2250 - 250}{14.7} \times (0.420 \times 2)$$

$$= 114 \text{ p}^3$$

- 3.** Calcule la duración de la capacidad disponible.

$$\text{Duración} = \frac{Cd}{C}$$

$$= \frac{114 \text{ p}^3}{4.37 \text{ p}^3 \text{ estándar}}$$

$$= 26 \text{ minutos}$$

El tiempo total para el buceo, desde el inicio del descenso hasta salir a superficie al final del buceo, está limitado a 26 minutos.

7-4.2 Aire Comprimido de Fuentes Comerciales. El aire comprimido que cumple con los estándares establecidos puede normalmente obtenerse desde fuentes de la Marina. En la ausencia de las fuentes de la Marina apropiadas, el aire puede ser obtenido desde fuentes comerciales. Usualmente, cualquier agencia o firma civil que maneja oxígeno comprimido puede proporcionar aire comprimido puro. El aire procurado desde fuentes comerciales debe cumplir los requerimientos de Fuente de aire I o II Grado A, como es especificado por FED SPEC BB-A-1034B. Refiérase a la [Tabla 4-2](#) en el Capítulo 4 para los requerimientos de pureza del aire.

7-4.3 Métodos para la Carga de Cilindros SCUBA.

NOTA El [párrafo 7-4.5](#) dirige las precauciones de seguridad para la carga y manejo de cilindros.

Los cilindros SCUBA deben ser cargados solamente con aire que cumpla con los estándares de pureza del aire para buceo. Una unidad de buceo puede cargar sus propios cilindros por uno de los dos métodos aceptados: (1) por cascada o transferencia de aire desde bancos de grandes cilindros hacia los tanques SCUBA; ó (2) usando un compresor de aire de alta presión. La cascada es el método más rápido y eficiente para la carga de cilindros SCUBA. La lista NAVSEA/00C ANU apunta los compresores y equipos de alta presión aprobados para las fuentes de aire SCUBA.

El sistema de cascada normal consiste de cilindros de suministro conectados juntos por un manifold y alimentando un apparejo de alta presión para el SCUBA. Este apparejo consiste de un yugo SCUBA, un manómetro de presión y una válvula de purga para descargar la presión en las líneas después de cargar un cilindro. Un sistema de cascada, con el apparejo puesto se muestra en la [Figura 7-6](#).

Las líneas de carga SCUBA deben ser fabricadas usando manguera SAE 100R7 para 3,000 psi de servicio y SAE 100R8 para 5,000 psi de servicio. La presión de servicio de las líneas de carga SCUBA no debe ser más grande que la presión de trabajo de la manguera usada.

La presión de trabajo de una manguera es determinada como un cuarto de su presión de ruptura. Mientras este criterio para presión de trabajo fue desarrollado basado sobre las características de las mangueras de hule, también ha sido determinado que es apropiado para usar con las mangueras de plástico citadas arriba.

Las unidades de la Flota usan líneas de carga que no exceden la presión de trabajo establecida de la manguera. Si la presión de trabajo establecida de la línea de carga no cumple con los requerimientos de servicio, la presión de servicio se restringe a la presión de trabajo de la manguera y se inicia la acción de reemplazo inmediatamente.

El uso de aliviadores de tensión hechos de cable, cadena, cabos del 21 ó nylon de 3/8 de pulgada, unidos en un mínimo de cada 18 pulgadas y al final de la manguera, es un procedimiento de seguridad requerido para prevenir el chicotazo en caso de ruptura de la manguera bajo presión. El cordón de unión será de nylon de 1/8 de pulgada o un material de resistencia equivalente. Los amarres de manta, cinta y marlin no son autorizados para este propósito.

7-4.4

Procedimientos de Operación para Carga de Cilindros SCUBA. Normalmente, los tanques SCUBA son cargados usando los siguientes procedimientos de operación (POs), los cuales pueden ser adaptados a cada unidad:

1. Determine que el cilindro está dentro de la fecha de prueba hidrostática.
2. Verifique la presión existente en el cilindro SCUBA con un manómetro de presión exacto.
3. Coloque el yugo del apparejo de carga al cilindro, y sujeté el aliviador de tensión de seguridad.
4. Por seguridad y para disipar el calor generado en el proceso de carga, cuando esté disponible en la instalación, sumerja el cilindro scuba en un tanque con agua mientras está siendo llenado. Un tambor de 55 galones es un contenedor adecuado para este propósito.
5. Apriete todas las conexiones del sistema.
6. Cierre la válvula de purga.

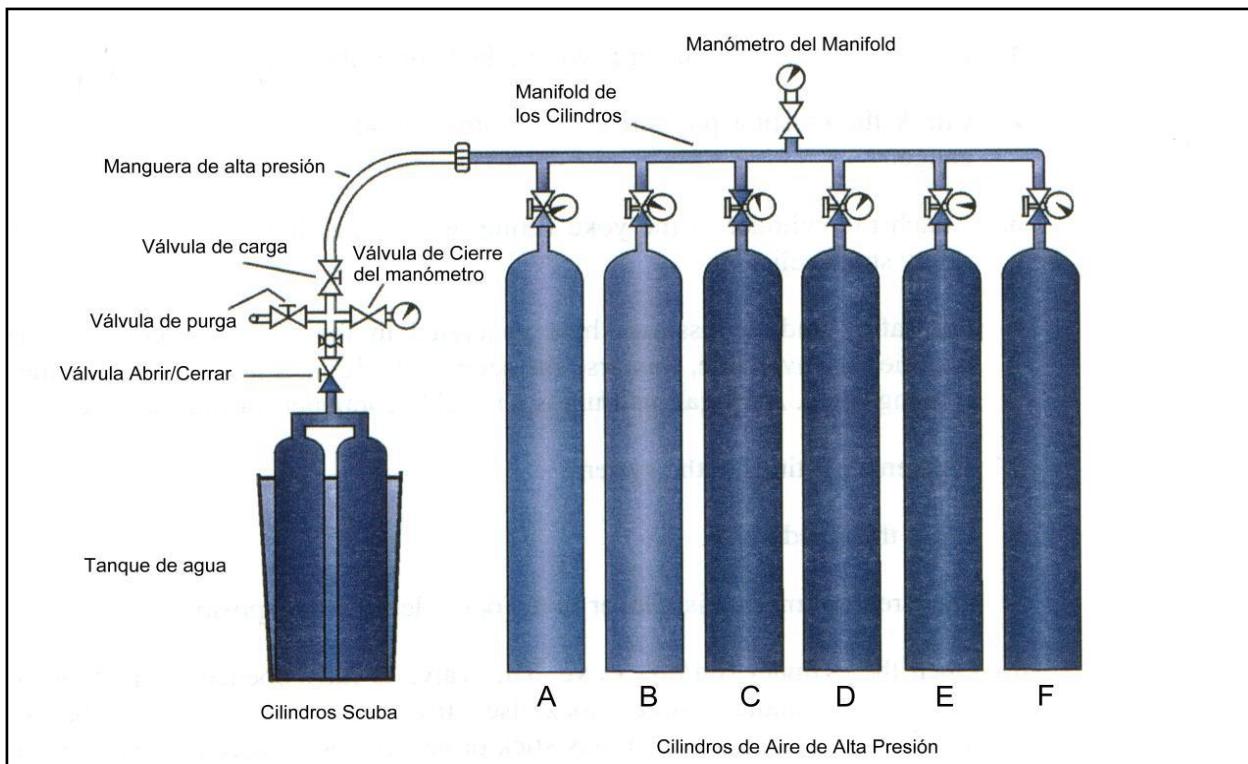


Figura 7-6. Sistema de Cascada para Carga de Cilindros SCUBA.

7. Coloque la palanca del mecanismo de reserva en posición abierta (palanca abajo).
8. Abra la válvula del cilindro. Esta válvula se abre totalmente con alrededor de dos vueltas de la manija, en sentido de las manecillas del reloj. Sin embargo, la válvula no debe ser usada en una posición totalmente abierta, porque puede atascarse o ser estropeada si se usa fuerza para abrir una válvula que se cree incorrectamente que está cerrada. El procedimiento adecuado es abrir la válvula totalmente y entonces cerrar o regresar un cuarto de vuelta. Esto no impide el flujo del aire.
9. Abra la válvula del cilindro de suministro.
10. Lentamente abra la válvula de carga. El sonido del aire fluyendo hacia el cilindro SCUBA se notará. El operador controlará el flujo de manera que la presión en el cilindro se incremente a una velocidad que no exceda 400 psig por minuto. Si no es posible sumergir los cilindros scuba durante la carga, la velocidad de carga no debe exceder de 200 psig por minuto. La velocidad de llenado debe ser controlada para prevenir sobrecalentamiento; no se debe permitir que el cilindro llegue a estar muy caliente al tacto.
11. Verifique la presión del manómetro cuidadosamente. Cuando la lectura alcanza la presión establecida para el cilindro SCUBA, cierre la válvula sobre el primer cilindro y tome una lectura.
12. Cierre la válvula de carga.
13. Cierre la válvula de abierto/cerrado del cilindro SCUBA
14. Asegure que todas las válvulas en el sistema están firmemente cerradas.

- 15.** Deje enfriar el cilindro SCUBA a la temperatura del cuarto. Una vez que el cilindro está frío, la presión habrá caído y puede ser necesario llenar el cilindro SCUBA.

7-4.4.1 **Rellenado del Cilindro SCUBA.** Siga este procedimiento para llenar un cilindro SCUBA:

- 1.** Abra la válvula del cilindro SCUBA.
- 2.** Seleccione un cilindro de suministro con mayor presión que el límite establecido del SCUBA.
- 3.** Abra la válvula del cilindro de suministro.
- 4.** Regule la válvula de carga para llevar el cilindro SCUBA hasta el límite establecido.
- 5.** Cierre todas las válvulas.
- 6.** Abra la válvula de purga y descargue las líneas.
- 7.** Cuando el aire ha dejado de fluir a través de la válvula de purga, desconecte el cilindro SCUBA del yugo.
- 8.** Acomode el mecanismo de reserva (palanca en posición arriba).

En la ausencia de un sistema de aire de alta presión, pueden ser usados compresores de gran volumen de aire para cargar los cilindros directamente. Sin embargo, pocos compresores pueden entregar aire en suficiente cantidad a la presión necesaria para una operación eficiente. Los compresores pequeños deben ser usados solamente si no está disponible otra fuente apropiada.

Si está disponible un compresor adecuado, el procedimiento de carga básico será el mismo que el señalado para la cascada, excepto que el compresor remplazará al banco de cilindros. Las consideraciones especiales que aplican cuando se usan compresores de aire son:

- El compresor debe estar anotado en la lista NAVSEA/00C ANU si no es parte de un sistema certificado.
- El compresor debe entregar aire que cumpla con los estándares de pureza establecidos.
- El compresor debe estar equipado con filtros de partículas ANU. Los filtros químicos activos no están autorizados.
- Un compresor propulsado por motor de combustión interna debe estar montado siempre de manera que no haya peligro de succionar humos del escape del motor, gas acumulado u otro aire contaminado desde fuentes locales.
- Solo son usados los lubricantes para compresores de buceo aprobados de acuerdo con los procedimientos SMP o las recomendaciones del fabricante.

La información adicional sobre el uso de compresores de aire se encuentra en el párrafo [8-7.2.2](#).

7-4.5 **Precauciones de Seguridad para la Carga y Manejo de Cilindros.** Las siguientes reglas de seguridad aplican para la carga y manejo de cilindros SCUBA:

- Transporte los cilindros manejando la válvula y el cuerpo del cilindro. Evite transportar un cilindro por las correas del backpack o arnés, porque la hebilla de soltado rápido puede ser liberada accidentalmente o la correa puede fallar.
- No intente llenar ningún cilindro si la fecha de la prueba hidrostática ha expirado o si el cilindro parece estar fuera de los estándares. Son signos de inconveniencia las abolladuras, corrosión severa, válvulas dobladas, mecanismo de reserva inactivo o evidencia de contaminación interna (ej., costras de agua u óxido). Ver el Folleto C-6 de CGA, Estándares para Inspección Visual de los Cilindros de Gas Comprimido.
- Siempre use manómetros para medir la presión de los cilindros. Nunca apunte la carátula de un manómetro al cual se le está aplicando presión hacia la cara del operador.
- Nunca trabaje sobre una válvula de cilindro mientras el cilindro está cargado.
- Asegure que el mecanismo de reserva de aire está abierto (palanca abajo) antes de cargar.
- Use solo aire comprimido para llenar cilindros SCUBA convencionales. Nunca llene cilindros SCUBA con oxígeno. El código de color del aire es negro, mientras que el del oxígeno es verde.
- Apriete todas las conexiones antes de presurizar las líneas.
- Cuando cargue completamente, cierre la reserva de aire (palanca arriba), Marque el cilindro lleno indicando la presión a la cual ha sido cargado.
- Maneje los cilindros cargados con cuidado. Si un cilindro cargado es dañado o si la válvula es aflojada al golpearla accidentalmente, el cilindro puede llegar a ser un proyectil explosivo. Un cilindro cargado a 2,000 psi tiene suficiente energía potencial para impulsarse a sí mismo por alguna distancia, rompiendo cualquier obstrucción en su camino.
- Almacene los cilindros llenos en un área fresca y sombreada. Nunca deje cilindros llenos en la luz del sol directa.
- Los cilindros deben estar siempre apropiadamente asegurados a bordo del barco o en un bote de buceo.

7-5 PROCEDIMIENTOS PREVIOS AL BUCEO

Los procedimientos previos al buceo en operaciones SCUBA incluyen la preparación del equipo, preparación del buzo y la realización de una inspección previa al buceo antes de que el buzo entre al agua.

7-5.1 Preparación del Equipo. Antes de cualquier buceo, todos los buzos deben inspeccionar cuidadosamente su propio equipo por signos de deterioro, daño o corrosión. El equipo debe ser probado para la operación apropiada. Los procedimientos de preparación previos al buceo deben estar estandarizados, no alterarlos por conveniencia, y deben ser de interés personal de cada buzo.

7-5.1.1 Cilindros de Aire.

- Inspeccione el exterior del cilindro de aire y las válvulas por óxido, grietas, abolladuras y cualquier evidencia de debilidad.

- Inspeccione el anillo-O.
- Verifique que el mecanismo de reserva está cerrado (palanca arriba), significando un cilindro lleno listo para usar.
- Verifique la presión de los cilindros de acuerdo al siguiente procedimiento:
 1. Coloque el manómetro de presión del lado del anillo-O de la válvula del cilindro.
 2. Cierre la válvula de purga del manómetro y abra el mecanismo de reserva de aire del cilindro (palanca abajo). Lentamente abra la válvula del cilindro, manteniendo un trapo sobre la carátula del manómetro.
 3. Lea el manómetro de presión. El cilindro no debe ser usado si la presión no es suficiente para completar el buceo planeado.
 4. Cierre la válvula del cilindro y abra la válvula de purga del manómetro.
 5. Cuando el manómetro marca cero, quite el manómetro del cilindro.
 6. Cierre el mecanismo de reserva de aire (palanca arriba).
 7. Si la presión en el cilindro está 50 psi o más sobre lo establecido, abra la válvula del cilindro para purgar el exceso y verifique nuevamente la presión del cilindro.

7-5.1.2 Correas del Arnés y Backpack.

- Verifique por signos de deterioro y uso excesivo.
- Ajuste las correas para uso individual y pruebe los mecanismos de soltado rápido.
- Verifique el backpack por grietas y otras condiciones inseguras.

7-5.1.3 Mangueras de Respiración.

- Verifique las mangueras por grietas y punciones.
- Pruebe las conexiones de cada manguera al regulador y a la boquilla por atoramiento sobre la manguera.
- Verifique las abrazaderas por corrosión y daño; reemplace si es necesario y de acuerdo con los procedimientos PMS.

7-5.1.4 Regulador.

1. Asegúrese que la presión sobre el fondo de la primera etapa del regulador, ha sido ajustada dentro del pasado año a un mínimo de 135 psig, o de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
2. Coloque el regulador al manifold del cilindro, asegurando que el anillo-O está asentado apropiadamente.
3. Afloje abriendo la válvula del cilindro y espere hasta que las mangueras y manómetros estén igualados.

4. Abra la válvula del cilindro completamente y entonces cierre (regrese) un cuarto de vuelta.
5. Verifique por cualquier fuga en el regulador escuchando por el sonido de escape de aire. Si se sospecha una fuga, determine la localización exacta sumergiendo la válvula y el regulador en un tanque con agua y observe las burbujas escapando. Frecuentemente el problema puede ser rastreado a un regulador inapropiadamente asentado y es corregido cerrando la válvula, purgando el regulador, quitando el regulador y volviéndolo a asentar. Si la fuga es en el anillo-O y el reasentamiento no resuelve el problema, reemplace el anillo-O y verifique otra vez por fugas.

7-5.1.5 Salvavidas / Compensador de Flotabilidad (CF).

- Inflé el salvavidas oralmente para verificar por fugas y entonces comprímalo para sacar todo el aire. El gas remanente debe ser removido después de entrar al agua girando sobre la espalda y oprimiendo el tubo de inflación oral hacia la superficie. Nunca succione el aire, este puede contener excesivo bióxido de carbono.
- Inspeccione los cartuchos de bióxido de carbono para asegurar que no han sido usados (sellos intactos) y que son del tamaño adecuado para el chaleco que está siendo usado y para la profundidad del buceo.
- Los cartuchos deben ser pesados de acuerdo con el Sistema de Mantenimiento Planeado.
- El perno del disparador no debe mostrar uso y debe moverse fácilmente.
- Las argollas del disparador y las correas del salvavidas deben estar libres de cualquier signo de deterioro.
- Cuando la inspección del salvavidas está completa, colóquelo donde no será dañado. Los salvavidas nunca deben ser usados como un amortiguador, soporte o cojín para otro equipo.

7-5.1.6 Visor.

- Verifique el sello del visor y la condición de la correa de la cabeza.
- Verifique por grietas en el borde y la mirilla.

7-5.1.7 Aletas.

- Verifique las correas por signos de agrietamiento.
- Inspeccione las hojas por signos de agrietamiento.

7-5.1.8 Cuchillo de Buceo.

- Pruebe el filo del cuchillo
- Asegure que el cuchillo está sujeto seguramente en la funda.
- Verifique que el cuchillo puede ser sacado de la funda sin dificultad, pero que no se sale.

7-5.1.9 Snorkel.

- Inspeccione el snorkel por obstrucciones.

- Verifique la condición de la boquilla.

7-5.1.10 Cinturón de Lastre.

- Verifique la condición del cinturón de lastre.
- Asegure que el número apropiado de pesos está asegurado y en su lugar.
- Verifique que la hebilla de soltado rápido está funcionando apropiadamente.

7-5.1.11 Reloj de Pulsera Sumergible.

- Asegure que el reloj de pulsera tiene cuerda y está ajustado al tiempo correcto.
- Inspeccione los pernos y la correa del reloj por el uso.

7-5.1.12 Profundímetro y Compás.

- Inspeccione los pernos y correas.
- Si es posible, verifique el compás con otro compás.
- Haga verificaciones comparativas con profundímetros para asegurar que marcan cero pam en la superficie.

7-5.1.13 Equipo Misceláneo.

- Inspeccione cualquier equipo que será usado en el buceo, también cualquier equipo de reserva que pueda ser necesario durante el buceo, incluyendo reguladores de reserva, cilindros y manómetros.
- Verifique toda la ropa de protección, líneas, herramientas, bengalas y otros equipos opcionales.

7-5.2 Preparación e Información del Buzo. Cuando los buzos han completado la inspección y prueba de su equipo, se reportarán con el Supervisor de Buceo. Se debe dar a los buzos una explicación del plan de buceo previo a este. Este informe es crítico para el éxito y seguridad de cualquier operación y será tratado solamente lo concerniente al buceo por iniciar. Todo el personal directamente involucrado en el buceo deberá ser incluido en la reunión informativa. El mínimo de temas a ser cubiertos es:

- Objetivos del buceo
- Límites de tiempo y profundidad para el buceo
- Asignación de trabajos
- Asignación de parejas
- Técnicas de trabajo y herramientas
- Fases del buceo
- Ruta al sitio de trabajo
- Señales especiales

- Condiciones anticipadas
- Peligros anticipados
- Procedimientos de emergencia (ej., buzo inconsciente, buzo atrapado, pérdida de aire, buceo abortado, buzo lesionado, buzo perdido, etc.)

Cuando el Supervisor de Buceo determina que todos los requerimientos para el buceo han sido cumplidos, los buzos pueden vestirse para el buceo.

7-5.3 Poniéndose el Equipo. Aunque los buzos SCUBA deben ser capaces de ponerse todo el equipo ellos mismos, es deseable la asistencia de un tender. La secuencia del vestido es importante, como el cinturón de lastre que debe estar fuera de todas las correas del arnés, backpack y otros equipos, en función de que facilite su soltado rápido en el caso de una emergencia. La siguiente es la secuencia de vestido recomendada a ser observada:

1. Ropa de protección. Asegure que la protección adecuada es proporcionada con un traje húmedo.
2. Botas y capucha.
3. Cuchillo de buceo.
4. Salvavidas, con los tubos de inflación al frente y las argollas actuadoras expuestas y accesibles.
5. El SCUBA. Es más fácil ponérselo con el tender manteniendo el cilindro en posición mientras el buzo abrocha y ajusta el arnés. El SCUBA debe estar centrado en la espalda del buzo, tan alto como sea posible, pero no lo suficiente alto para interferir con el movimiento de la cabeza. Todas las hebillas de soltado rápido deben estar puestas de manera que puedan ser alcanzadas por cualquier mano. Todas las correas deben estar ajustadas de manera que los cilindros sean sujetados firmemente contra el cuerpo. Los extremos de las correas deben caer libres para que la característica de las hebillas de soltado rápido funcione. Si las correas son muy largas, deben cortarse y los extremos sellarse con líneas pequeñas o sellador plástico. En este momento, la válvula del cilindro debe abrirse totalmente y entonces regresarla un cuarto de vuelta. Asegure que el aparejo del compensador de flotabilidad está conectado al compensador.
6. Equipo accesorio (reloj de pulsera de buceo, profundímetro, snorkel).
7. Cinturón de lastre
8. Guantes.
9. Aletas.
10. Visor o máscara.

7-5.4 Inspección Previa al Buceo. Los buzos deben reportarse con el Supervisor de Buceo para una inspección final. Durante esta inspección final previa al buceo, el Supervisor de Buceo debe:

1. Asegurar que los buzos están física y mentalmente listos para entrar al agua.
2. Verificar que todos los buzos tienen todo el equipo mínimo requerido (SCUBA, visor, salvavidas o compensador de flotabilidad, cinturón de lastre, cuchillo de buceo, funda,

aletas, reloj y profundímetro). Cuando se bucea con SCUBA y se usa una línea entre compañeros, solo un profundímetro y un reloj por equipo de buceo es requerido.

3. Verificar que a los cilindros se les midió la presión y que el volumen de aire disponible es suficiente para la duración planeada del buceo.
4. Asegurar que todas las hebillas de soltado rápido pueden ser alcanzadas con cualquier mano y están adecuadamente montadas para soltarse rápido.
5. Verificar que el cinturón de lastre está fuera de todos los otros cinturones, correas y equipo y que no llegará a apretarse bajo el borde de los cilindros.
6. Verificar que el salvavidas o compensador de flotabilidad no está constreñido y está libre para expandirse, y que todo el aire ha sido evacuado.
7. Verificar la posición del cuchillo para asegurar que permanecerá con el buzo, no importando que el equipo se deje atrás.
8. Asegurar que la válvula del cilindro está abierta totalmente y regresada un cuarto de vuelta.
9. Asegurar que la manguera de suministro de aire pasa sobre el hombro derecho del buzo y la manguera de escape en las unidades de doble manguera pasa sobre el hombro izquierdo. Los reguladores de doble manguera son colocados de manera que los orificios de escape queden hacia arriba cuando el tanque está en posición vertical.
10. Con la boquilla o la máscara colocada, inhalar y exhalar por varias respiraciones, asegurando que el regulador de demanda y las válvulas de no retorno están trabajando correctamente.
11. Con un regulador de una manguera, oprimir y soltar el botón de purga, escuchando en la boquilla por cualquier sonido de fuga de aire. Inhalar y exhalar varias veces para asegurar que las válvulas están trabajando correctamente.
12. Dar a las mangueras de respiración y boquilla una verificación final; asegurar que ninguna de las conexiones ha sido desconectada durante el proceso de vestido.
13. Verificar que la palanca del mecanismo de reserva de aire está arriba (posición cerrada).
14. Realizar una breve revisión final del plan de buceo.
15. Verificar que las señales de buceo están desplegadas y el personal y equipo están listos para señalar a otras embarcaciones en el caso de una emergencia.

7-6 ENTRADA AL AGUA Y DESCENSO.

Los buzos están ahora listos para entrar al agua, donde a sus SCUBA les será dada otra breve inspección por sus compañeros de buceo o tenders antes de descender.

7-6.1

Entrada al agua. Hay varias maneras para entrar al agua, con la selección normalmente determinada por la naturaleza de la plataforma de buceo. ([Figura 7-7](#)). Cuando es posible, la entrada debe hacerse por escalera, especialmente en aguas no conocidas. Varias reglas básicas aplican para todos los métodos de entrada:



Paso al frente. En la orilla de la plataforma, una mano agarra el visor y el regulador, la otra agarra los cilindros, el buzo da un paso largo hacia delante, manteniendo sus piernas abiertas.



Giro hacia atrás. El buzo, mirando hacia adentro, se sienta en la borda. Con la barbilla metida, agarrando su visor, boquilla y cilindros, el buzo rueda hacia atrás, básicamente moviéndose hacia atrás en una voltereta completa



Giro lateral. El tender asiste al buzo para tomar la posición sentado. El tender se para a un lado mientras el buzo sostiene su visor y cilindros mientras rueda hacia el agua.



Giro al frente. El buzo se sienta en la orilla de la plataforma con una ligera inclinación al frente para compensar el peso de los cilindros. Sosteniendo su visor y cilindros, el buzo se inclina al frente.

Fig. 7-7. Técnicas de Entrada SCUBA.

- Mirar antes de saltar o aventarse de la plataforma o escala.
- Meter la barba en el pecho y sostener los cilindros con una mano para prevenir que el manifold golpee la parte posterior de la cabeza.
- Mantener el visor en su lugar con los dedos y la boquilla con el talón de la mano.

7-6.1.1

Método de Paso al Frente. El método de paso al frente es el más frecuentemente usado, y es mejor usado desde una plataforma o embarcación estable. Los buzos simplemente deben tomar un largo paso fuera de la plataforma, manteniendo las piernas en una zancada abierta. Deberán tratar de entrar al agua con una ligera inclinación de la parte superior del cuerpo hacia delante, de manera que la fuerza de entrada no cause que el cilindro golpee atrás de la cabeza.

7-6.1.2

Método de Rodado Hacia Atrás. El método de rodado hacia atrás es el preferido para entrar al agua desde botes pequeños. Un buzo totalmente equipado, parado sobre la borda de un bote podría trastornar la estabilidad de la embarcación y podría estar en peligro de caer dentro del bote o al agua. Para ejecutar un rodamiento, el buzo se sienta sobre la borda del bote, mirando hacia dentro. Con la barbilla metida y una mano sosteniendo el visor y la boquilla en su lugar, el buzo rodará hacia atrás, básicamente moviéndose hacia atrás en una voltereta completa.

7-6.1.3

Entrando al Agua Desde la Playa. Los buzos que están trabajando desde la playa escogerán su método de entrada de acuerdo a las condiciones de la resaca y de la inclinación del fondo. Si el agua está en calma y la inclinación es gradual, los buzos pueden caminar, llevando sus aletas en la mano, hasta que alcancen aguas lo suficientemente profundas para nadar. En una resaca de moderada a alta, los buzos, usando sus aletas, deben caminar hacia atrás dentro de las olas, hasta que tengan suficiente profundidad para nadar. Deben estabilizarse gradualmente dentro de las olas conforme estas rompen a su alrededor.

7-6.2

Verificación en Superficie Antes de Descender. Una vez en el agua, y antes de descender a la profundidad de operación, los buzos hacen una verificación final de su equipo. Ellos deben:

- Hacer una verificación de respiración con el SCUBA. La respiración debe ser fácil, sin resistencia y sin evidencia de fugas de agua.
- Verificar visualmente el equipo de la pareja de buceo por fugas, especialmente en todos los puntos de conexión (válvula del cilindro, mangueras al regulador y boquilla).
- Verificar a la pareja por holgura o enredamiento de correas.
- Verificar el sello del visor. Una pequeña cantidad de agua puede entrar al visor en el momento de que el buzo entra al agua. El visor puede aclararse a través de los métodos normales (ver [párrafo 7-7.2](#)).



Paso hacia atrás. El buzo da un paso hacia atrás empujándose él mismo con sus pies.

Figura 7-7. Técnicas de Entrada SCUBA (Continuación)

- Verificar la flotabilidad. Los buzos SCUBA deben esforzarse por la flotabilidad neutra. Cuando se lleva el equipo extra o herramientas pesadas, los buzos pueden estar fácilmente en flotabilidad negativa, a menos que el lastre sea ajustado como corresponde.
- Si se usa traje seco, verificar por fugas. Ajuste la inflación del traje para la flotabilidad apropiada.
- Orientar la posición con el compás u otro punto de referencia fijo.

Cuando se satisfacen todas las verificaciones del equipo adecuadamente, los buzos reportan su disposición al Supervisor de Buceo. Este dirige a los buzos para poner sus relojes en cero y el tiempo de fondo inicia. El Supervisor de Buceo da una señal para descender y los buzos dejan la superficie.

7-6.3

Nadando en Superficie. El bote de buceo debe estar anclado tan cerca del sitio de buceo como sea posible. Mientras nadan, la pareja de buceo debe mantener contacto visual uno a otro y con otros buzos del grupo. Deben estar orientados por su alrededor para evitar nadar fuera del curso. El factor más importante en la natación en superficie con SCUBA, es mantener un paso relajado para conservar energía. Los buzos deben mantener sus visores puestos y respirar a través del snorkel. Cuando se nada en superficie con un regulador SCUBA, mantenga la boquilla para que el aire no fluya libre desde el sistema.

Los buzos deben usar solo sus piernas para propulsarse y emplear una patada natural desde la cadera sin levantar las aletas del agua. Pueden descansar sobre su espalda y todavía hacer progresos moviendo las piernas. Puede obtenerse asistencia al nadar con una inflación parcial del salvavidas o compensador de flotabilidad. Sin embargo, el salvavidas debe ser desinflado otra vez antes que el buceo inicie.

7-6.4

Descenso. Los buzos pueden nadar hacia abajo o pueden usar una línea de descenso para jalar ellos mismos hacia abajo. La velocidad de descenso será generalmente gobernada por la facilidad con que los buzos sean capaces de igualar la presión de sus oídos y senos, pero nunca debe exceder 75 pies por minuto. Si uno de los buzos experimenta dificultad para igualar, ambos buzos deben parar y ascender hasta que la situación sea resuelta. Si el problema persiste después de varios intentos para igualar, el buceo debe ser abortado y ambos buzos retornarán a la superficie. Cuando la visibilidad es pobre, los buzos deben mantener un brazo extendido para desviar cualquier obstrucción.

Una vez alcanzada la profundidad de operación, los buzos deben orientarse ellos mismos por sus alrededores, checando el sitio y verificando las condiciones submarinas. Si las condiciones aparecen radicalmente diferentes de aquellas anticipadas y parecen poseer peligro, el buceo debe ser abortado y las condiciones reportadas al Supervisor de Buceo. El buceo debe ser abortado si las condiciones observadas demandan por cualquier cambio mayor en el plan de buceo. Los buzos deben salir a superficie, discutir la situación con el Supervisor de Buceo y modificar el plan de buceo.

7-7 PROCEDIMIENTOS SUBACUATICOS

En un buceo SCUBA, el tiempo de fondo es de gran valor por lo limitado del suministro de aire. Los buzos deben ir al paso en su trabajo, conservar su energía y tomar cada tarea o problema individualmente. Al mismo tiempo, deben ser flexibles. Deben estar listos para abortar el buceo en cualquier momento que ellos sientan que no pueden progresar más hacia la terminación de su misión o cuando juzguen que las condiciones son inseguras. Los buzos deben estar alertas por problemas en todo momento y deben monitorear la condición de su compañero de buceo constantemente.

7-7.1

Técnica de Respiración. Cuando se usa SCUBA por primera vez, es posible que un buzo novato experimente ansiedad y respire más rápida y profundamente que lo normal. El buzo debe aprender a respirar a un ritmo tranquilo, lento y a un paso continuo. El ritmo de trabajo debe ser marcado por el ciclo respiratorio, más bien que cambiar la respiración para soportar el ritmo de trabajo. Si un buzo está respirando demasiado fuerte, debe hacer una pausa en el trabajo hasta que la respiración retorne a lo normal. Si la respiración normal no se restaura pronto, el buzo debe señalar a su compañero, detener la operación y juntos deben ascender a la superficie.

Algunos buzos, sabiendo que tienen un suministro de aire limitado, intentarán conservar aire conteniendo su respiración. Una técnica común es la respiración en saltos: insertando una no natural, larga pausa entre cada respiración.

ADVERTENCIA

La respiración en saltos puede conducir a hipercapnia y es prohibida.

El incremento en la resistencia para respirar resulta del diseño y del incremento de la densidad del aire. Para un buceo normal, no debe ocurrir un incremento marcado de la resistencia para respirar hasta que el suministro primario de aire ha sido casi agotado. Este incremento en la resistencia para respirar es una señal para que el buzo active el suministro de aire de reserva e inicie el ascenso con su compañero inmediatamente. Cuando esté equipado con un manómetro sumergible, el buzo debe monitorear su presión de suministro de aire y debe terminar el buceo cuando la presión del cilindro se reduce a 500 psi para un cilindro sencillo ó 250 psi para un conjunto de cilindros dobles.

7-7.2

Aclarando el Visor. Algo de agua se filtra dentro del visor en condiciones normales y es frecuentemente útil en el desempañado de los lentes. De tiempo en tiempo, la cantidad puede aumentar al punto que deba ser sacada. En ocasiones, un visor puede llegar a removese e inundarse. Para aclarar un visor inundado que no está equipado con válvula de purga, el buzo debe voltearse de lado o mirar hacia arriba, para que el agua se colecte al lado o en el fondo del visor. Usando cualquier mano, el buzo aplica una presión firme y directa sobre el lado opuesto o alto del visor y exhala firme y constantemente a través de la nariz. El agua será forzada a salir bajo el borde del visor. Cuando el visor tiene una válvula de purga, el buzo inclina la cabeza de manera que el agua acumulada cubra la válvula, presiona el visor contra la cara y entonces exhala firme y constantemente a través de la nariz. El incremento de presión en el visor forzará el agua a través de la válvula. Ocasionalmente, se requerirá más de una exhalación (ver Figura 7-8).



Figura 7-8. Aclarando un visor. Para aclarar un visor inundado, oprima suavemente sobre la porción superior o lateral del visor y exhale a través de la nariz dentro del visor. Como el agua es forzada a salir, incline la cabeza hacia atrás o hacia un lado hasta que el visor se aclare.

- 7-7.3** **Aclarando la Manguera y la Boquilla.** La boquilla y las mangueras de respiración pueden llegar a inundarse si la boquilla es jalada accidentalmente desde la boca. Con una manguera SCUBA sencilla esto no es un problema grave, ya que la manguera (llevando aire a mediana presión) no se inundará y la boquilla puede aclararse rápidamente presionando el botón de purga conforme la boquilla está siendo recolocada.
- Para aclarar un regulador SCUBA de doble manguera que está inundado, el buzo, nadando en una posición horizontal, debe asir la boquilla. El buzo debe entonces soplar dentro de la boquilla, forzando a cualquier agua atrapada a salir a través de los orificios de escape del regulador. El buzo debe tomar cuidadosamente una respiración poco profunda. Si permanece agua atrapada en la boquilla, el buzo debe soplar otra vez y reanudar la respiración normal. Si el buzo está sin aiento, debe rodar sobre su espalda y el regulador fluirá libremente.
- 7-7.4** **Técnica de Natación.** En la natación subacuática, toda la propulsión viene de la acción de las piernas. Las manos son usadas para maniobrar. La patada de la pierna debe ser completa y larga, un arco natural con el empuje principal viniendo de las caderas. Las rodillas y tobillos deben estar relajados. El ritmo de la patada debe ser mantenido a un nivel que no cansarán las piernas excesivamente o lleve a calambres musculares.
- 7-7.5** **Comunicación del Buzo.** Algunos métodos comunes de comunicación del buzo son: sistemas de comunicación a través del agua, señales manuales, pizarras y señales por jalones de líneas. La comunicación entre la superficie y un buzo puede realizarse mejor con comunicación verbal a través del agua. Sin embargo, cuando no está disponible la comunicación a través del agua, se pueden usar las señales manuales o por jalones de líneas.
- 7-7.5.1** **Sistemas de Comunicación a Través del Agua.** Actualmente, están disponibles varios tipos de sistemas de comunicación a través del agua para operaciones de buceo SCUBA. El sistema acústico proporciona comunicación de una vía, superficie a buzo. La señal de audio multidireccional es emitida a través del agua por un transductor sumergido. Los buzos pueden oír la señal de audio sin la ayuda de equipo receptor de señales. Los sistemas de Amplitud Modulada (AM) y Banda Lateral Sencilla (BLS) proporcionan comunicación round robin, buzo a buzo, buzo a superficie y superficie a buzo. Los sistemas AM y BLS requieren equipo de transmisión y recepción para ser usados por los buzos. Los sistemas AM proporcionan una señal fuerte y de mejor inteligibilidad, pero están restringidos a usar en la línea de visión. Los sistemas BLS proporcionan un desempeño superior en y alrededor de obstáculos. Antes de que sea usado cualquier sistema de comunicación a través del agua, consulte la lista NAVSEA/00C Autorizado para Uso de la Marina (ANU).
- 7-7.5.2** **Señales con las Manos y con Jalones de Líneas.** Los buzos de la Marina solo deben usar señales con las manos que han sido aprobadas para el uso en buceo de la Marina. La [Figura 7-9](#) presenta las señales aprobadas por la Marina de E.U. Bajo ciertas condiciones, la aplicación de señales especiales para una misión específica puede ser concebida y aprobada por el Supervisor de Buceo. Si la visibilidad es pobre, la pareja de buzos puede ser forzada a comunicarse con las señales de jalones en una línea entre compañeros. Las señales por jalones se discuten en la [Tabla 8-3](#). Las señales con las manos y por medio de jalones deben ser entregadas de una manera energética y exagerada, de modo que no haya ambigüedad o duda que señal está siendo dada. A cada señal se le debe dar acuse de recibo.
- 7-7.6** **Responsabilidades del Compañero de Buceo.** La más grande y simple práctica de seguridad en las operaciones SCUBA de la Marina es el uso del sistema de parejas. El buceo operado en parejas hace responsables a ambos en la tarea asignada y de la seguridad de uno a otro. Las reglas básicas para el buceo en parejas son:
- Siempre mantener contacto con el compañero de buceo. Con buena visibilidad, mantener al compañero a la vista. Con visibilidad pobre, usar una línea entre compañeros.

Significado/Señal	Comentario
 ALTO Puño apretado	
 ALGO ESTA MAL Mano extendida, los dedos juntos, la palma afuera, pulgar hacia abajo, entonces balancear la mano atrás y adelante sobre el eje del antebrazo.	Esto es lo opuesto a Bien. Hacer la señal no indica una emergencia.
 YO ESTOY BIEN o ¿TU ESTAS BIEN? Los dedos índice y pulgar haciendo un círculo, con los tres dedos remanentes extendidos (si es posible)	Los buzos que usan mitones pueden no ser capaces de extender los tres dedos remanentes claramente. Uso en rango corto.
 ESTOY BIEN EN SUPERFICIE (CERCA) La mano derecha sobre la cabeza dando la señal de estar bien con los dedos. ESTOY BIEN EN SUPERFICIE (LEJOS) Ambas manos tocándose sobre la cabeza con ambos brazos doblados en un ángulo de 45°.	Dada cuando el buzo está cerca del bote de apoyo. Dada cuando el buzo está distante del bote de apoyo.
 ANGUSTIADO o AYUDA o RECOJANME La mano ondeando sobre la cabeza (el buzo puede también golpear el agua con la mano).	Indica que es requerida ayuda inmediata.
 ¿QUÉ HORA ES? o ¿QUÉ PROFUNDIDAD? El buzo apunta al reloj o al profundímetro.	Cuando indica tiempo, esta señal es comúnmente usada para el tiempo de fondo remanente.
 IR ABAJO o BAJANDO Dos dedos arriba, dos dedos y el pulgar contra la palma.	
 IR ARRIBA o SUBIENDO Cuatro dedos apuntando arriba, el pulgar contra la palma.	
 ESTOY SIN AIRE La mano dando tajadas o picando la garganta. NECESITO RESPIRACION COMPARTIDA Los dedos apuntando a la boca o al regulador.	El que señala indica que está sin aire. El regulador del que señala puede estar o no en la boca.

Figura 7-9. Señales SCUBA con las Manos (Página 1 de 3).

	Significado/Señal	Comentario
	VEN Mano al pecho, repetido.	
	YO o MIRAME Dedo al pecho, repetido.	
	SOBRE, ABAJO o ALREDEDOR Los dedos juntos y el brazo moviéndolo sobre, abajo o alrededor.	El buzo señala la intención de moverse sobre, abajo o alrededor de un objeto.
	FUERA DE NIVEL o ¿CUÁNTO MAS PROFUNDO? Los dedos y el pulgar abiertos y extendidos, la mano moviéndose atrás y adelante en una posición nivelada	
	POR AQUÍ El puño apretado con el pulgar apuntando arriba, abajo, a la derecha o a la izquierda.	Indica cual dirección para nadar.
	¿CUÁL DIRECCION? Los dedos apretados, el pulgar y la mano girando a la derecha e izquierda.	
	PROBLEMAS EN OIDO El buzo apunta cualquier oído.	Los buzos deben ascender unos pocos pies. Si el problema continua, ambos buzos deben salir a superficie.
	TENGO FRIO Ambos brazos cruzados sobre el pecho.	
	TRANQUILO o BAJA DESPACIO La mano extendida, la palma hacia abajo en un movimiento corto abajo y arriba.	
	TU DIRIJE, YO TE SEGUIRE Los dedos índice extendidos, una mano atrás de la otra.	

Figura 7-9. Señales SCUBA con las Manos (Página 2 de 3).

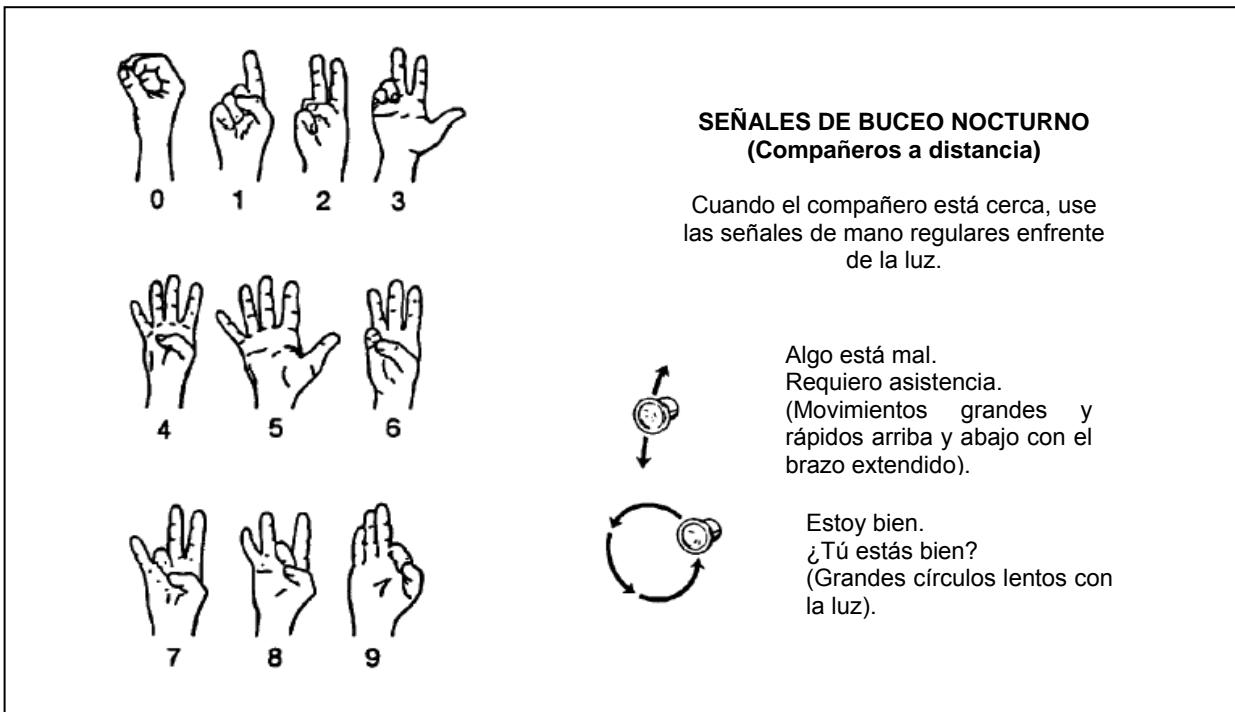


Figura 7-9. Señales SCUBA con las Manos (Pagina 3 de 3).

- Conocer el significado de todas las señales de mano y por jalones de línea.
- Si una señal es dada, debe darse respuesta de recibida inmediatamente. La falta de respuesta a una señal de un compañero de buceo debe considerarse una emergencia.
- Monitorear las acciones y las condiciones aparentes del compañero de buceo. Conocer los síntomas de malestar en buceo. Si en cualquier momento el compañero parece estar angustiado o está actuando de una manera anormal, determinar la causa inmediatamente y tomar la acción apropiada.
- Nunca dejar a un compañero a menos que esté atrapado o enredado y no pueda liberarse sin la asistencia adicional. Si la asistencia de superficie puede buscarse, marcar la localización del buzo en peligro con una línea y flotador u otro dispositivo de localización. No dejar a un compañero si se está usando comunicación por voz o por señales con jalones; contactar con la superficie y esperar por asistencia o instrucciones.
- Establecer un plan de buzo perdido para cualquier buceo. Si el contacto entre compañeros se rompe, seguir el plan.
- Si un miembro de un equipo de buceo lo aborta, por cualquier razón, el otro miembro también abortará y ambos deben salir a superficie.
- Conocer el método apropiado de respiración compartida.

7-7.7

Procedimiento de la Respiración Compartida. Si un buzo se queda sin aire o el SCUBA funciona mal, el aire puede ser compartido con el compañero de buceo. El método preferido para la respiración compartida es el uso de un octopus. Como una alternativa, los dos buzos pueden cara a cara, respirar alternadamente cada uno de la misma boquilla mientras ascienden. La respiración compartida puede ser usada en una emergencia y debe ser practicada de manera que cada buzo esté completamente familiarizado con el procedimiento.

1. El buzo afectado debe permanecer calmado y señalarle al compañero apuntando a la boquilla SCUBA.
2. El compañero y el buzo afectado deben mantenerse juntos sujetándose de una correa o brazo libre. Los buzos deben ser cuidadosos de no ser arrastrados lejos uno de otro. El compañero le da su octopus al buzo afectado. Si no hay disponible un octopus, proceda al paso 3.
3. El compañero debe hacer el primer movimiento tomando una respiración y pasando la boquilla al buzo afectado. El buzo afectado no debe coger la boquilla del compañero. El compañero la dirige a la boca del buzo asistido. Ambos buzos mantienen contacto manual directo con la boquilla.
4. La boquilla puede inundarse durante la transferencia. En este caso, aclare la boquilla usando el botón de purga (en la manguera sencilla) o por exhalación dentro de la boquilla antes que la respiración pueda ser tomada. Si se está usando un regulador de doble manguera, la boquilla debe mantenerse ligeramente más alta que el regulador, para que el flujo libre de aire ayude a mantener la boquilla limpia.
5. El buzo afectado debe tomar dos respiraciones completas (ejerciendo cautela en el caso de que toda el agua no haya sido purgada) y guiar la boquilla de regreso a su compañero. El compañero debe entonces purgar la boquilla como sea necesario y tomar dos respiraciones.
6. Los buzos deben repetir el ciclo de respiración y establecer un ritmo tranquilo. No deben intentar salir a superficie hasta que el ciclo sea estabilizado y las señales apropiadas han sido intercambiadas.

ADVERTENCIA

Durante el ascenso, el buzo sin la boquilla debe exhalar para compensar el efecto de la disminución de la presión en los pulmones que podría causar un embolismo aéreo.

7-7.8**Atendiendo (Tendereando).****7-7.8.1****Atendiendo con una Línea de Superficie o con Línea entre Compañeros.**

Cuando un buzo está siendo atendido con una línea desde superficie o una línea entre compañeros, aplican varias consideraciones básicas.

- Las líneas no deben mantenerse flojas.
- Las señales por líneas deben darse de acuerdo con los procedimientos dados en la Tabla 8-3.
- Cualquier señal dada por la línea debe ser respondida inmediatamente regresando la misma señal.
- El tender debe señalar al buzo con un jalón sencillo cada 2 ó 3 minutos para determinar si el buzo está bien. Una señal de regreso de un solo jalón indica que el buzo está bien.
- Si el buzo falla en responder las señales por jalones después de varios intentos, el buzo en espera debe investigar inmediatamente.
- El buzo debe estar particularmente consciente de la posibilidad de que la línea puede llegar a atorarse o enredarse.

- 7-7.8.2** **Atendiendo sin Línea de Superficie.** Si no se está usando una línea de superficie, el tender debe mantener un rastro de localización general de los buzos observando el trayecto de las burbujas, el flotador o el dispositivo de localización (tal como un pinger o luz estroboscópica). Cuando se atiende a un solo buzo, el tender debe continuamente monitorear el flotador del buzo para localización y para las señales por jalones de línea.
- 7-7.9** **Trabajando con Herramientas.** La flotabilidad casi neutra de un buzo SCUBA posee ciertos problemas cuando trabaja con herramientas. Un buzo está en desventaja cuando aplica palanca con herramientas. Cuando aplica fuerza a una herramienta, por ejemplo, el buzo está empujando la herramienta hacia fuera y puede aplicar muy poco torque. Si ambos lados del trabajo son accesibles, deben usarse dos herramientas – una sobre la tuerca y otra sobre el tornillo. Jalando una llave y empujando la otra, la fuerza contraria permite que el esfuerzo sea mejor transmitido al trabajo. Cuando se usa cualquier herramienta que requiera apalancamiento o fuerza (incluyendo herramientas neumáticas), el buzo debe estar apuntalado con los pies, una mano libre o un hombro.
- NOTA** **Cuando se usan herramientas accionadas externamente con SCUBA, el buzo debe tener comunicación por voz con el Supervisor de Buceo.**
- Cualquier herramienta a ser usada debe estar organizada por adelantado. El buzo debe llevar tan pocos artículos como sea posible. Si se requieren muchas herramientas, debe usarse una bolsa de herramientas de lona para bajarlas cuando el buzo las necesite. Las guías adicionales para trabajos subacuáticos son proporcionadas en el *Manual de Mantenimiento de Barcos a Flote de la Marina de E.U.* (NAVSEA S06000-AA-PRO-010). Las herramientas de poder autorizadas están en la lista NAVSEA/OOC ANU.
- 7-7.10** **Adaptándose a las Condiciones Subacuáticas.** A través de la planeación cuidadosa y minuciosa, los buzos pueden estar apropiadamente preparados para las condiciones subacuáticas en el sitio de buceo, y estar preparados con el equipo auxiliar adecuado, la ropa de protección y herramientas. Sin embargo, el buzo puede tener que emplear las siguientes técnicas para contrarrestar los efectos de ciertas condiciones subacuáticas:
- Permanecer 2 ó 3 pies arriba de un fondo lodoso; usar una patada restringida y evitar agitar el lodo. Un buzo debe estar posicionado de manera que la corriente se lleve lejos cualquier nube de lodo.
 - Evitar el fondo de coral o rocoso, el cual puede causar cortadas y abrasiones.
 - Evitar cambios bruscos de profundidad.
 - No hacer excursiones lejos del sitio de buceo a menos que tales excursiones hayan sido incluidas en el plan de buceo.
 - Estar consciente de las propiedades peculiares de la luz bajo el agua. La percepción a profundidad es alterada de modo que un objeto que parece estar a 3 pies está realmente a 4 pies, y los objetos parecen más grandes de lo que realmente son.
 - Estar consciente de las fuertes corrientes inusuales, particularmente las corrientes de aguas revueltas cerca de la costa. Si es cogido en una corriente de este tipo, relajarse y solo flotar hasta que disminuya lo suficiente para nadar libre.
 - Si es práctico, nadar contra una corriente para alcanzar un sitio de trabajo. El nadar de retorno con la corriente será fácil y compensará algo de la fatiga causada por el trabajo.
 - Dejar claras las líneas o cables que estén bajo tensión.

7-8 PROCEDIMIENTOS DE ASCENSO

Cuando es tiempo de retornar a la superficie, cualquiera de los buzos puede señalar el final del buceo. Cuando la señal ha sido respondida, los buzos ascenderán a superficie juntos, a una velocidad que no exceda 30 pies por minuto. Para un ascenso normal, los buzos respirarán constante y naturalmente. Nunca deben contener la respiración durante el ascenso, por el peligro de un embolismo aéreo. Mientras ascienden, los buzos deben mantener un brazo extendido sobre la cabeza para cuidarse de obstrucciones y deben girar en espiral lentamente mientras ascienden para obtener una vista total de 360° de la columna de agua.

7-8.1 Procedimientos de Ascenso Libre de Emergencia. Si un buzo se queda repentinamente sin aire o si el SCUBA se enreda y el compañero no puede alcanzarlo rápidamente, debe hacerse un ascenso libre. Las guías para un ascenso libre son:

1. Soltar cualquier herramienta u objeto que lleve en las manos.
2. Abandonar el cinturón de lastre.
3. Si el SCUBA se ha enredado y debe ser abandonado, activar las hebillas de soltado rápido de la cintura, pecho, hombros y correas de la entrepierna. Deslizar un brazo fuera de una correa del hombro y voltear el SCUBA al otro brazo. Un método alterno es elevar el SCUBA sobre la cabeza y jalarlo fuera desde debajo. Asegurarse que las mangueras no se enrollan alrededor o constriñan el cuello de alguna manera. La correa del cuello que es parte de algunas unidades de manguera sencilla puede complicar el procedimiento sobre la cabeza y debe ser desconectada de la unidad y no usarse.
4. Si la razón del ascenso de emergencia es una pérdida de aire, soltar todas las herramientas, el cinturón de lastre y accionar el salvavidas para salir a superficie inmediatamente. No soltar el SCUBA a menos que sea absolutamente necesario.
5. Si un buzo está incapacitado o inconsciente y el compañero anticipa la dificultad para traerlo nadando a la superficie, deberá activar el salvavidas o inflar el compensador de flotabilidad. El cinturón de lastre puede tener que soltarse también. Sin embargo, el compañero no debe perder el contacto directo con el buzo.
6. Exhalar continuamente durante el ascenso para permitir que el aire expandido en los pulmones escape libremente.

7-8.2 Ascenso Desde Debajo de un Barco. Cuando son requeridos trabajos de mantenimiento de barcos a flote, se prefiere el equipo ligero con suministro desde superficie. Se permiten buceos SCUBA bajo cascos a flote; sin embargo, debe proporcionarse un cabo de vida al buzo SCUBA. En caso de un accidente y de la carencia de asistencia inmediata por el compañero de buceo, el buzo SCUBA será capaz de retornar a la superficie usando el cabo de vida. Los barcos son anclados frecuentemente contra el frente cercano de muelles o duques de Alba, y debe ejercerse cuidado para asegurarse que el cabo de vida permite un sendero libre para la salida a superficie de emergencia.

Debido a la naturaleza única de las operaciones EOD que envuelven búsqueda y neutralización de explosivos, el uso de cabos de vida no es práctico y no se requiere. Durante el entrenamiento EOD con minas, se requiere el uso de cabo de vida.

Los planes de buceo SCUBA sobre barcos de calado profundo deben restringir las operaciones de buceo a un cuadrante del casco a la vez. Este cuadriculado teórico del casco del barco minimizará la potencial desorientación del buzo causado por el múltiple cruce de la quilla o la confusión de ir hacia delante o atrás.

Cuando es notificado un buzo perdido, será conducida una búsqueda por un buzo tender en el área donde el buzo perdido fue visto por última vez.

La información previa al buceo debe incluir una cuidadosa instrucción sobre el uso del salvavidas cuando se está trabajando bajo un casco, para prevenir un ascenso descontrolado de pánico contra el casco. El salvavidas no debe inflarse totalmente hasta después de que el buzo pase la quilla de balance.

7-8.3

Descompresión. Los buceos con SCUBA de circuito abierto normalmente son planeados como buceos de no-descompresión. Los que requieren descompresión pueden hacerse solo cuando se consideren absolutamente necesarios y sean autorizados por el Comandante u Oficial al Mando (OIC). Bajo esta única situación, se proporcionan las siguientes guías para buceos SCUBA con descompresión.

El supervisor determinará el tiempo de fondo requerido para cada buceo. Basado en el tiempo y profundidad del buceo, será calculado el perfil de descompresión requerido según las tablas presentadas en el [Capítulo 9](#). Entonces será calculado el suministro respiratorio requerido para soportar el tiempo total en el agua. Si el suministro de aire no es suficiente, se tendrá disponible para los buzos un SCUBA de respaldo. La unidad de respaldo puede ser sujetada a una canastilla o atada a una línea de descenso que también ha sido marcada para indicar las diferentes paradas de descompresión a ser usadas.

Cuando los buzos han completado la tarea asignada, o han alcanzado el tiempo de fondo máximo permitido prescrito en el plan de buceo, deben ascender a la canastilla o línea marcada y señalar a la superficie que inició la descompresión. Con la canastilla siendo manejada desde la superficie, los buzos estarán tomando las paradas apropiadas mientras el tomador de tiempo controla el progreso. Antes de cada movimiento de la canastilla, el tender señalará a los buzos que se preparan para subir y los buzos responderán la señal cuando estén preparados. Cuando se usa una línea marcada, el tender señalará cuando cada parada ha sido completada, en este punto los buzos nadarán hacia arriba, señalando su arribo a la próxima parada. El tiempo de la parada siempre será regulado por el Supervisor de Buceo.

En la determinación de los niveles para las paradas de descompresión, el estado del mar en la superficie debe ser tomado en consideración. Si está corriendo oleaje grande, la canastilla o la línea marcada estará subiendo y bajando constantemente con el movimiento de la embarcación de soporte en superficie. La profundidad de cada parada de descompresión debe ser calculada de modo que el tórax de los buzos nunca estará arriba de la profundidad prescrita para las paradas en las tablas de descompresión.

En el caso de una salida a superficie accidental o en una emergencia, el Supervisor de Buceo tendrá que determinar si la descompresión debe ser reasumida en el agua o si se requieren los servicios de una cámara de recompresión. La posibilidad de tener que hacer tal selección debe ser anticipada durante las etapas de planeación de la operación ([Capítulo 1](#) y [Capítulo 5](#)).

7-8.4

Saliendo a Superficie y Dejando el Agua. Cuando alcanzan la superficie, los buzos no deben venir bajo la embarcación de soporte o de cualquier otra obstrucción. Deben escuchar por el sonido de las propelas y retardar la salida hasta estar satisfechos de que no hay obstrucciones. Sobre la superficie, el buzo debe buscar inmediatamente en todas direcciones y verificar la localización de la embarcación de soporte, de otros buzos y de cualquier tráfico en superficie al alcance. Si ellos no son vistos por la embarcación de soporte, deben intentar hacer señales con la mano, con el silbato o con la bengala.

Cuando los buzos rompen la superficie, el tender y demás personal de la embarcación de soporte deben mantenerlos a la vista constantemente y estar alertas particularmente por cualquier signo de problemas. Mientras un buzo está siendo tomado a bordo de la

embarcación, no debe desviarse la atención de los buzos que permanecen en el agua. El buceo es terminado cuando todos los buzos están seguros a bordo.

Normalmente, ponerlos dentro del bote será fácil si los buzos se quitan el cinturón de lastre y el SCUBA, tendiéndolos a los tenders. Si el bote tiene una escala, también deben quitarse las aletas. Sin una escala, las aletas ayudarán a darles un empujón extra para abordar. Un bote pequeño puede ser alojado sobre el costado o a popa dependiendo del tipo de embarcación y las condiciones de la superficie. Cuando cada buzo llega a bordo de un bote pequeño o balsa, el demás personal en el bote debe permanecer sentado.

7-9 PROCEDIMIENTOS POSTERIORES AL BUCEO

El Supervisor debe interrogar a cada buzo que retorna mientras la experiencia del buceo está fresca. El Supervisor de Buceo debe determinar si las tareas asignadas fueron completadas, si fue encontrado cualquier problema, si está indicado cualquier cambio al plan de buceo global y si los buzos tienen cualquier sugerencia para el próximo grupo.

Cuando estén satisfechos con su condición física, la primera responsabilidad de los buzos después del buceo es verificar su equipo por daños, limpiarlo adecuadamente y almacenarlo. Cada buzo es responsable por el mantenimiento inmediato posterior al buceo y la apropiada colocación del equipo usado. El Sistema de Mantenimiento Planeado proporciona la dirección para el mantenimiento posterior al buceo.

CAPITULO 8

Operaciones de Buceo con Aire Suministrado desde Superficie

8-1 INTRODUCCION

- 8-1.1** **Objetivo.** El buceo con aire suministrado desde superficie incluye aquellas formas de buceo donde el aire es suministrado desde la superficie al buzo por una manguera flexible. Los Sistemas de Buceo con Suministro desde Superficie de la Marina (SBSS) son usados principalmente para operaciones a 190 pies de agua de mar (pam).
- 8-1.2** **Alcance.** Este capítulo identifica los equipos y procedimientos requeridos para usar los Aparatos de Respiración Submarina (UBA), equipos de buceo con suministro desde superficie.

8-2 MK 21 MOD 1, KM-37

El MK 21 MOD 1 y el KM-37 son cascos de buceo de circuito abierto y de demanda ([Figura 8-1](#)). La máxima profundidad de trabajo para operaciones de buceo con aire usando los UBAs MK 21 MOD 1 y KM-37 es 190 pam. Los UBAs MK 21 MOD 1 y KM-37 pueden ser usados hasta 60 pam sin un Suministro de Gas de Emergencia (SGE). Es obligatorio un SGE a profundidades mayores de 60 pam y cuando se bucea dentro de un naufragio o espacio confinado. Un SGE puede requerirse para buceos menos profundos que 60 pam. La decisión sobre el uso de un SGE estará basada sobre el Manejo de Riesgo Operacional (MRO). El Supervisor de Buceo puede elegir usar un SGE que pueda ser llevado o localizado fuera del naufragio o espacio confinado y conectado al buzo con una manguera de 50 a 150 pies. Buceos con aire planeados por debajo de 190 pam requieren de aprobación del CNO.



Figura 8-1. SBSS MK 21 MOD 1.

- 8-2.1** **Operación y Mantenimiento.** Para un servicio seguro y confiable, todos los UBAs con suministro desde superficie deben ser mantenidos y reparados de acuerdo con los procedimientos PMS y el manual de operación y mantenimiento.

Los siguientes manuales técnicos son para usarse con los UBAs de suministro desde superficie MK-21 MOD 1 y KM-37:

- Manual Técnico, Instrucciones de Operación y Mantenimiento de MK 21 MOD 1, NAVSEA S6560-AG-OMP-010,
- Sistema de Buceo con Suministro desde Superficie KM-37

8-2.2 **Suministro de Aire.** El aire para el sistema MK 21 MOD 1, KM-37 es suministrado desde la superficie por un compresor de aire o un banco de cilindros de aire a alta presión como se describe en el párrafo 8-7.2.3.

8-2.2.1 **Requerimientos de Suministro de Gas de Emergencia.** El sistema SGE consiste de un cilindro SCUBA aprobado por ANU, adecuadamente cargado, con válvula K o J (con la reserva abierta) y una primera etapa de regulador ajustada a la presión recomendada por el fabricante, pero no menor que 135 lb/p². Debe ser instalada una válvula de alivio ajustada a 180 ± 5 lb/p² sobre la presión del fondo en la primera etapa del regulador para prevenir la ruptura de la manguera de baja presión si la primera etapa del regulador falla. La manguera flexible de baja presión desde la primera etapa del regulador se conecta en la válvula de suministro de emergencia en el bloque lateral del casco. La válvula de suministro de respiración de emergencia proporciona un suministro de aire paralelo a la válvula de no-retorno y permite conectar la manguera del SGE. Se requiere también un manómetro de presión sumergible en la primera etapa del regulador.

Un cilindro SCUBA adecuadamente cargado se define como la presión que proporciona suficiente aire para llevar al buzo a su primera parada de descompresión o a la superficie para buceos de no-descompresión. Se supone que esto dará suficiente tiempo al personal en superficie para ejecutar los procedimientos de emergencia requeridos para restaurar aire al umbilical del buzo.

Para buceo en espacios confinados puede usarse un SGE extendido, con una manguera de 50 a 150 pies de largo. Si el escenario del buceo requiere dejar el SGE arriba, ajuste la primera etapa del regulador a 135 lb/p² sobre la presión del fondo.

NOTA **Para buceos en aguas abiertas a 60 pam o menos profundas, será requerido un SGE basado en la aplicación del MRO.**

Problema muestra 1. Determine la presión mínima de un cilindro SGE requerida para un buceo con MK-21 MOD 1, KM-37 a 190 pam por 5 minutos.

1. Para calcular la presión del cilindro SGE, primero debe determinar la cantidad de gas requerida para que el buzo regrese a la canastilla y dejar el fondo, más el gas requerido para ascender a la primera parada de descompresión. La fórmula para calcular el gas requerido es:

$$V_r = \frac{P + 33}{33} \times C \times T$$

Donde:

- V_r = Capacidad requerida (p³)
P = Profundidad (pam)
C = Proporción de consumo en p³/min reales por buzo de la [Tabla 8-2](#)
T = Tiempo (minutos)

Aire requerido mientras está en el fondo: Para este ejemplo, si el tiempo para que el buzo llegue a la canastilla y deje el fondo es de 3 minutos, entonces:

$$\begin{aligned} V_r \text{ en el fondo} &= \frac{190 + 33}{33} \times 1.4 \times 3 \\ &= 28.38 \text{ p}^3 \end{aligned}$$

Aire requerido para alcanzar la primera parada: Para este ejemplo, necesitas determinar el tiempo de ascenso y profundidad promedio. El tiempo de ascenso es 7 minutos (redondeado de 6 minutos 20 segundos) desde 190 pam a la superficie a 30 pies por minuto. La profundidad promedio es calculada como sigue:

$$\text{profundidad promedio} = \frac{190}{2} = 95 \text{ pam}$$

$$\begin{aligned}\text{Vr en ascenso} &= \frac{95 + 33}{33} \times 0.75 \times 7 \\ &= 20.36 \text{ p}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Vr Total} &= 28.38 + 20.36 \\ &= 48.74 \text{ p}^3\end{aligned}$$

2. La siguiente etapa es convertir los p^3 requeridos para una presión de cilindro equivalente en lb/p^2 manométricas. En este ejemplo, usaremos un cilindro de aluminio de 80 p^3 para soportar este buceo. Refiérase a la Tabla 7-1 para los datos del cilindro usados en este cálculo:

$$\text{psig requeridos} = \frac{\text{Vr}}{\text{VI}} \times 14.7 + \text{Pm}$$

Donde:

VI = Volumen Inundable (p^3) = 0.399 p^3

14.7 = Presión Atmosférica (lb/p^2)

Pm = Presión mínima del cilindro

Presión mínima del cilindro = Ajuste de la primera etapa del regulador + presión del fondo en la parada final: [135 lb/p^2 man. + ($0 \text{ pam} \times 0.445 \text{ psi}$)] = 135 lb/p^2 manométricas.

$$= \frac{48.74}{0.399} = 14.7 + 135$$

$$= 1930.68 \text{ (redondeado a } 2000 \text{ lb/p}^2 \text{ manométricas)}$$

8-2.2.2

Requerimientos de Flujo. Cuando se usa el sistema MK 21 MOD 1, KM-37, el sistema de suministro de aire debe ser capaz de proporcionar un promedio sostenido de flujo de 1.4 p^3/min reales al buzo. El consumo de aire de los buzos usando el MK 21 MOD 1, KM-37 varía entre 0.75 y 1.5 p^3/min reales cuando es usado en el modo de demanda, con aclaramiento ocasional de la mirilla. Cuando es usado en el modo de flujo libre, se consumen más de 8 p^3/min reales.

NOTA

Cuando se planea un buceo, los cálculos están basados sobre 1.4 p^3/min reales para el descenso y fase de fondo, y 0.75 p^3/min reales para el ascenso y la fase de descompresión.

Para el soporte satisfactorio del sistema MK 21 MOD 1, KM-37, el suministro de aire debe:

- Reabastecer el aire consumido desde el sistema (promedio de cantidad de flujo)

- Reabastecer el aire a un ritmo suficiente para mantener la presión requerida
- Proporcionar la máxima cantidad de flujo requerida por el buzo.

8-2.2.3

Requerimientos de Presión. Ya que los cascos MK 21 MOD 1 y KM-37 son UBAs de tipo demanda, el regulador tiene una presión óptima sobre el fondo para asegurar la menor resistencia posible a la respiración y reduce la posibilidad de sobre-respirar el regulador (demandar más aire que el disponible). Para aquellos sistemas que no son capaces de sostener 165 lb/p² sobre el fondo debido a las limitaciones de diseño, es aceptable 135 lb/p² sobre el fondo. La [Tabla 8-1](#) muestra los requerimientos de presión sobre la del fondo para el MK 21 MOD 1 y KM-37.

Tabla 8-1. Requerimientos de Presión Sobre la del Fondo para MK 21 MOD 1 y KM-37.

Profundidad del buceo	Presión en lb/p ² Manométricas		
	Mínima	Deseable	Máxima
0-60 pam	90 *	135	165
61-130 pam	135	135	165
131-190 pam	165 **	165	165

* No es aprobada para usar con conjunto instalado de doble escape, en ese caso use un mínimo de 135 lb/p² manométricas.

** Para sistemas de soporte de vida de buzo no capaces de sostener 165 lb/p² manométricas sobre el fondo, debido a limitaciones de diseño del sistema, son autorizadas 135 lb/p² manométricas.

Esto asegura que el suministro de aire entregará aire a presión suficiente para sobrellevar la presión de agua salada del fondo y la caída de presión que ocurre cuando el aire fluye a través de las mangueras y válvulas de la máscara.

Problema Muestra 1. Determine la presión requerida de suministro de aire del manifold para bucear con el sistema MK 21 MOD 1, KM-37 a 175 pam.

1. Determine la presión del fondo a 175 pam:

$$\begin{aligned} \text{Presión del fondo a 175 pam} &= 175 \times .455 \text{ lb/p}^2 \\ &= 77.87 \text{ lb/p}^2 \text{ manométricas (redondeado a 78)} \end{aligned}$$

2. Determine la presión sobre la del fondo para el sistema MK 21 MOD 1, KM-37 (ver [Tabla 8-1](#)). Ya que la profundidad de operación es 175 pam, la presión sobre la del fondo es 165 lb/p² manométricas.
3. Calcule la presión mínima del manifold (PMM) sumando la presión del fondo a la presión sobre la del fondo:

$$\begin{aligned} \text{PMM} &= 78 \text{ lb/p}^2 \text{ manométricas} + 165 \text{ lb/p}^2 \text{ manométricas} \\ &= 243 \text{ lb/p}^2 \text{ manométricas} \end{aligned}$$

La presión mínima del manifold para un buceo a 175 pam debe ser 243 lb/p² manométricas.

Problema Muestra 2. Determine si el aire de un banco de cilindros de alta presión es capaz de soportar dos buzos con MK 21 MOD 1, KM-37 y un buzo en espera a una profundidad de 130 pam por 30 minutos. Hay 5 cilindros en el banco; solo 4 están en línea.

Cada cilindro tiene un volumen interno de 8 pies cúbicos y están cargados a 3,000 lb/p² manométricas.

NOTA **Cuando se planea un buceo, los cálculos están basados sobre 1.4 p³/min reales para el descenso y fase de fondo y 0.75 p³/min reales para el ascenso y la fase de descompresión.**

1. Calcule la presión mínima del manifold (PMM).

$$\begin{aligned}\text{PMM (lb/p}^2\text{ manométricas)} &= (0.455 P) + 135 \text{ lb/p}^2 \text{ manométricas} \\ &= (0.455 \times 130) + 135 \text{ lb/p}^2 \text{ manométricas} \\ &= 192.85 \text{ lb/p}^2 \text{ manométricas}\end{aligned}$$

Redondeado a 193 lb/p² manométricas

2. Calcule los pies cúbicos de aire disponible. La fórmula para calcular los p³ de aire disponible es:

$$p^3 \text{ disponibles} = \frac{P_c - (P_{mc} + PMM)}{14.7} \times VI \times N$$

Donde:

P_c = Presión de los cilindros = 3,000 lb/p² manométricas

P_{mc} = Presión mínima de los cilindros = 200 lb/p² manométricas

PMM = 193 lb/p² manométricas

VI = Volumen Inundable de los cilindros = 8 p³

N = Número de cilindros = 4

$$P^3 \text{ disponibles} = \frac{3000 - (200 + 193)}{14.7} \times 8 \times 4$$

= 5675.10 p³ (redondeado a 5675)

3. Calcule los p³ de aire requerido para hacer el buceo. Usted necesitará calcular el aire requerido para el tiempo de fondo, el aire requerido para cada parada de descompresión y el aire requerido para el ascenso. La fórmula para calcular el aire requerido es:

$$p^3 \text{ requeridos} = \frac{P + 33}{33} \times C \times N \times T$$

Donde:

P = Profundidad (pam)

C = Proporción de consumo en p³/min reales necesarios por buzo de la [Tabla 8-2](#)

N = Número de buzos

T = Tiempo a profundidad (minutos)

Tiempo de fondo: 30 minutos

$$\begin{aligned} p^3 \text{ requeridos} &= \frac{130 + 33}{33} \times 1.4 \times 3 \times 30 \\ &= 622.36 p^3 \end{aligned}$$

Paradas de descompresión: Un buceo a 130 pam por 30 minutos requiere las siguientes paradas de descompresión:

- 34 minutos a 20 pam

$$\begin{aligned} p^3 \text{ requeridos} &= \frac{20 + 33}{33} \times 0.75 \times 3 \times 34 \\ &= 122.86 p^3 \end{aligned}$$

Tiempo de ascenso: 5 minutos (redondeado de 4 minutos 20 segundos) desde 130 pam a la superficie a 30 pies por minuto.

$$\begin{aligned} \text{Profundidad promedio} &= \frac{130}{2} = 65 \text{ pam} \\ &= 98.51 \text{ scf} \end{aligned}$$

Tiempo de ascenso: 5 minutos (redondeado de 4 minutos 20 segundos) desde 130 pam a la superficie a 30 pies por minuto.

$$\begin{aligned} \text{Profundidad promedio} &= \frac{130}{2} = 65 \text{ pam} \\ p^3 \text{ requeridos} &= \frac{65 + 33}{33} \times 0.75 \times 3 \times 5 \\ &= 33.41 p^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aire total requerido} &= 622.36 + 122.86 + 33.41 \\ &= 778.63 p^3 \text{ (redondeado a } 779 p^3) \end{aligned}$$

4. Calcule el aire remanente al final del buceo para ver si hay suficiente aire en los cilindros de suministro para hacer el buceo. El ejemplo muestra solamente p^3 de aire.

$$\begin{aligned} p^3 \text{ remanentes} &= p^3 \text{ disponibles} - p^3 \text{ requeridos} \\ &= 5675 p^3 - 779 p^3 \\ &= 4896 p^3 \end{aligned}$$

Aire disponible más que suficiente en los cilindros de suministro para hacer este buceo.

NOTA La estimación del aire por usar planeado puede variar del aire usado real. Los requerimientos de aire para un buzo de respaldo deben también ser tomados en cuenta para todas las operaciones de buceo. El Supervisor de Buceo debe anotar el volumen/presión inicial y monitorear continuamente el consumo durante todo el buceo. Si el consumo real excede el consumo planeado, el Supervisor de Buceo puede requerir acortar el buceo en función de asegurar que hay aire remanente adecuado en el suministro primario para completar la descompresión.

8-3 MK 20 MOD 0

El MK 20 MOD 0 es un UBA con suministro desde superficie que consiste de una máscara, componentes de comunicación del buzo, arnés y un umbilical ([Figura 8-2](#)). Uno de sus usos principales es en espacios confinados, tales como los tanques de lastre de los submarinos. El MK 20 MOD 0 está autorizado para usar a una profundidad de 60 pam con aire suministrado desde superficie y debe tener un Suministro de Gas de Emergencia cuando se usa para buceo en espacios confinados.

8-3.1

Operación y Mantenimiento. Las consideraciones de seguridad y procedimientos de trabajo están cubiertos en el [Capítulo 6](#). El manual técnico para el MK 20 MOD 0 es el *Manual Técnico, Manual de Instrucciones de Operación y Mantenimiento*, NAVSEA SS600-AK-MMO-010. Para el servicio seguro y confiable, el sistema MK 20 MOD 0 debe ser mantenido y reparado de acuerdo con los procedimientos SMP y el manual de operación y mantenimiento del MK 20 MOD 0.

8-3.2

Suministro de Aire. El aire para el sistema MK 20 MOD 0 es suministrado desde superficie por un compresor o un banco de cilindros de alta presión como se describió en el [párrafo 8-7.2.3](#).

8-3.2.1

Requerimientos de SGE para el MK 20 MOD 0 en Buceo en Espacios Confinados. En función de asegurar un suministro de aire de emergencia positivo para el buzo cuando trabaja en un tanque de lastre, tanque de lodo o espacio confinado, debe usarse un Suministro de Gas de Emergencia (SGE). Como mínimo el ensamblaje del SGE consiste de:

- Un cilindro SCUBA aprobado por ANU adecuadamente cargado, con válvula K o J.
- Un regulador SCUBA aprobado, ajustado a la presión recomendada por el fabricante, pero no menor que 135 lb/p², con una extensión de manguera SGE de 50 a 150 pies de largo. Si el escenario del buceo dicta dejar el SGE arriba, ajustar la primera etapa del regulador a 150 lb/p² manométricas.
- Un manómetro de presión sumergible aprobado.

El cilindro SCUBA puede ser dejado en la superficie y la manguera SGE puede unirse al umbilical del buzo, o puede ser asegurado en la entrada del espacio confinado. El buzo puede entrar entonces al espacio de trabajo con la extensión de la manguera SGE. La segunda etapa



Figura 8-2. UBA MK 20 MOD 0.

del regulador del SGE es asegurada al arnés del buzo antes de entrar al espacio de trabajo de manera que el buzo tenga acceso inmediato al regulador del SGE en una emergencia.

Un cilindro SCUBA adecuadamente cargado se define como la presión que proporciona suficiente aire para llevar al buzo a su primera parada de descompresión o a la superficie para buceos de no-descompresión. Se supone que esto dará suficiente tiempo al personal en superficie para ejecutar los procedimientos de emergencia requeridos. Ver el [párrafo 8-2.2.1](#) para calcular la presión mínima del cilindro.

- 8-3.2.2 Requerimientos de SGE para MK 20 MOD 0 en Buceos en Aguas Abiertas.** Cuando se realizan buceos en aguas abiertas, el Supervisor de Buceo puede usar un cilindro aprobado ANU designado para MK 20 con el DSI ensamblado atrás como fuente de aire de emergencia.
- NOTA** **Para buceos en aguas abiertas a 60 pam o menos profundidad, un SGE será requerido basado sobre la aplicación del MRO.**
- 8-3.2.3 Requerimientos de Flujo.** El MK 20 MOD 0 requiere un flujo de gas de respiración de 1.4 p³/min reales y una presión sobre el fondo de 90 lb/p² manométricas. Los cálculos de requerimiento de flujo y presión son idénticos a aquellos para el MK 21 MOD 1, KM-37 (ver [párrafo 8-2.2.3](#)).

8-4 EXO BR MS

- 8-4.1 EXO BR MS.** El EXO BR MS es una máscara disponible comercialmente, manufacturada por Kirby Morgan Dive Systems, la cual es utilizada para buceo con suministro desde superficie. Está autorizada para usar a 190 pam con aire. Es obligatorio el uso de un SGE a profundidades mayores que 60 pam y cuando se bucea en un espacio confinado. El Supervisor de Buceo puede elegir usar un SGE que pueda ser llevado o localizado fuera del espacio confinado y conectado al buzo con una manguera de 50-150 pies. La realización de buceos por debajo de 190 pam requiere la aprobación de CON.
- 8-4.2 Operación y Mantenimiento.** El manual técnico para el EXO BR MS es el Manual de Operación y Mantenimiento Kirby Morgan, EXO BR MS Máscara de Regulador Balanceado Militar Estándar (Parte DSI # 100-036). Para el servicio seguro y confiable, la EXO BR MS debe ser mantenida y reparada de acuerdo con los procedimientos SMP y el manual técnico.
- 8-4.3 Suministro de Aire.** Para buceo con suministro desde superficie, el aire para la EXO BR MS es suministrado desde la superficie por un compresor de aire o un banco de cilindros a alta presión como se describió en el [párrafo 8-7.2.3](#).
- 8-4.4 Requerimientos de SGE para la EXO BR MS.** El sistema SGE consiste de un cilindro SCUBA aprobado por ANU, adecuadamente cargado, con válvula K o J y una primera etapa de regulador ajustada a la presión recomendada por el fabricante, pero no menor que 135 lb/p² sobre la presión del fondo. La manguera intermedia de la primera etapa se conecta en la válvula de suministro de emergencia en el bloque lateral del casco. Debe ser instalada una válvula de alivio ajustada a 180 ± 5 lb/p² sobre la presión del fondo en la primera etapa del regulador para prevenir la ruptura de la manguera de baja presión si la primera etapa del regulador falla. La manguera flexible de baja presión desde la primera etapa del regulador se conecta a la válvula del suministro de emergencia. Se requiere también un manómetro de presión sumergible en la primera etapa del regulador.

Cuando se bucea en espacios confinados durante operaciones de reparación de barcos a flote, es permisible el uso de una segunda etapa de regulador con una manguera extendida de 50 a 150 pies de largo. El block del manifold no es utilizado y el umbilical del buzo es conectado directamente a la manguera de baja presión y alto flujo de la máscara. El cilindro SCUBA

puede dejarse en la superficie o asegurado en la entrada del espacio confinado. La segunda etapa del regulador del SGE debe asegurarse al buzo para que tenga acceso inmediato al regulador SGE en una emergencia. Si el escenario del buceo dicta dejar el SGE en superficie, ajuste la primera etapa del regulador a 150 lb/p² manométricas. Cuando se bucea en tanques de lastre de submarinos, la máscara y el umbilical pueden dejarse dentro del tanque de lastre adyacente a la entrada, con la manguera SGE extendida arrastrada por el buzo.

Un cilindro SCUBA adecuadamente cargado se define como la presión que proporciona suficiente aire para llevar al buzo a su primera parada de descompresión o a la superficie para buceos de no-descompresión. Se supone que esto dará suficiente tiempo al personal en superficie para ejecutar los procedimientos de emergencia requeridos. Vea el [párrafo 8-2.2.1](#) para calcular la presión mínima del cilindro.

NOTA **Para buceos en aguas abiertas a 60 pam o menos profundas, puede requerirse un SGE basado sobre la aplicación del MRO.**

8-4.5 Requerimientos de Flujo y Presión. La EXO BR MS requiere un flujo de gas de respiración de 1.4 p³/min reales. Para buceos menos profundos que 130 pam, la presión sobre el fondo debe ser de 135-165 lb/p². Para aquellos sistemas que no puedan mantener 135 lb/p² sobre la presión del fondo cuando se bucea menos profundo que 60 pam, son permisibles 90 lb/p². Para buceos a 130-190 pam, la presión sobre el fondo debe ser 165-225 lb/p². Los cálculos de flujo y presión son idénticos a los del MK 21 MOD 1, KM -37 (ver [párrafo 8-2.2.3](#))

8-5 SISTEMAS DE BUCEO CON SUMINISTRO DESDE SUPERFICIE PORTATILES

8-5.1 Sistema Ligero de Buceo MK3 MOD 0 (LWDS). El MK 3 MOD 0 LWDS es un sistema de soporte de vida del buzo con suministro desde superficie (SBSS), portátil y autónomo. El MK 3 MOD 0 LWDS puede ser arreglado en tres diferentes configuraciones, y puede ser desplegado en un muelle o desde una variedad de plataformas de soporte. Cada LWDS incluye una consola de control, tanque de volumen, compresor de aire de mediana presión (opcional), y soportes de aire comprimido estibables, cada uno consistiendo de tres cilindros de alta presión (0.935 p³ de volumen interior cada uno). Cada cilindro contiene 191 p³ de aire comprimido a 3,000 psi. El ajuste y los procedimientos de operación para el LWDS se encuentran en las Instrucciones de Operación y Mantenimiento para el Sistema de Buceo Ligero (LWDS) MK 3 MOD 0, SS500-HK-MMO-010.

8-5.1.1 MK 3 MOD 0 Configuración 1. El suministro de aire primario es desde una unidad de compresor de mediana presión operado por maquina diesel, llevando a los buzos 18 pies cúbicos estándar por minuto (p³/min), el aire secundario es suministrado por un ensamblaje de cilindros. El aire secundario total disponible es de 594 p³. Ver [Figura 8-3](#).

8-5.1.2 MK 3 MOD 0 Configuración 2. El aire primario es suministrado a los buzos usando tres conjuntos de cilindros ensamblados. El aire secundario es suministrado por un conjunto de cilindros. El aire total primario disponible es 1,782 p³ a 3,000 lb/p². El aire secundario total es 594 p³. Ver [Figura 8-4](#).

8-5.1.3 MK 3 MOD 0 Configuración 3. El aire primario es suministrado a los buzos usando tres conjuntos de cilindros. El aire secundario es suministrado por dos conjuntos de cilindros. El aire primario total disponible es 1,782 p³. El aire secundario total disponible es 1,188 p³. Ver [Figura 8-5](#).

8-5.2 Sistema Ligero de Buceo MK 3 MOD 1. Este sistema es idéntico al MK 3 MOD 0 LWDS excepto que la consola de control y el tanque de volumen han sido modificados para soportar operaciones con 5,000 lb/p², para usar con el Ensamble de Suministro de Aire

(ASRA). Con las adaptaciones apropiadas el sistema puede tranquilamente ser usado para soportar operaciones LWDS normales. Ver [Figura 8-6](#).



Figura 8-3. MK 3 MOD 0 Configuración 1.



Figura 8-3. MK 3 MOD 0 Configuración 2.



Figura 8-5. MK 3 MOD 0 Configuración 3.

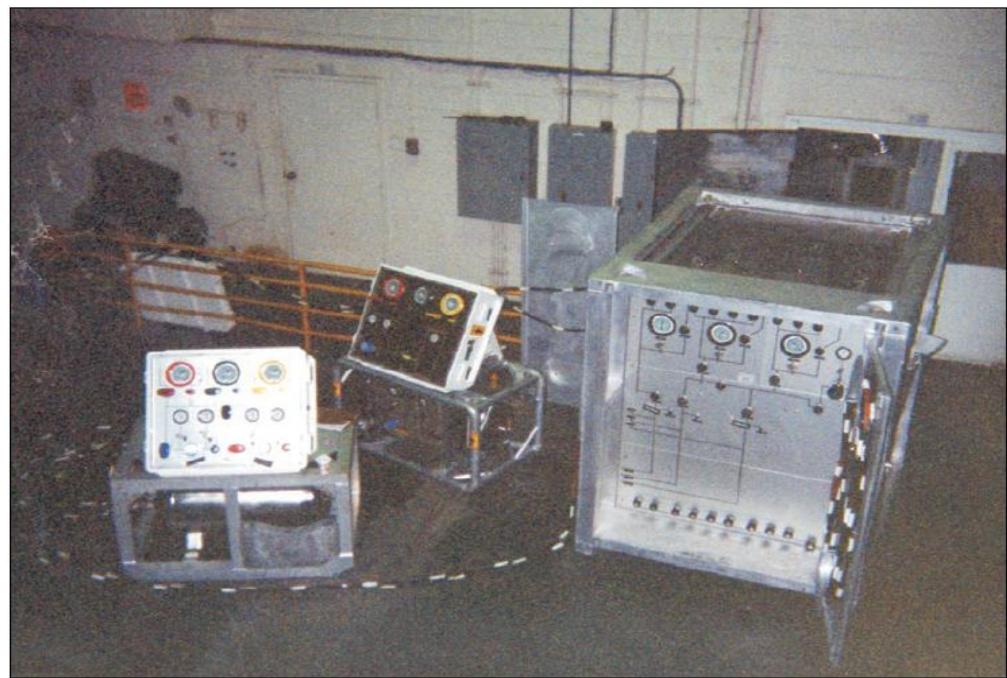


Figura 8-6. Sistema Transportado por Aire (FADS) III.

8-5.3 **Carro de Buceo ROPER.** El carro de buceo ROPER es un sistema de buceo montado en un remolque, diseñado para soportar un buzo trabajando y uno en espera en tareas operacionales subacuáticas desarrolladas por Actividades de Reparación de Barcos a 60 pam. (Figura 8-7). El sistema es autónomo, transportable y certificable de acuerdo con el *Manual de Certificación de Seguridad de Sistemas Hiperbáricos y de Buceo de la Marina de E.U.*, NAVSEA SS521-AA-MAN-010. Los principales componentes/subsistemas montados dentro del cuerpo del carro son:

- **Estación de control de buceo.** Un solo operador controla y monitorea el suministro de aire y opera el sistema de comunicación.
- **Sistema de distribución de energía.** Energía externa para comunicación y luz de la estación de control.
- **Sistema de intercomunicación (CD/CA).** Proporciona comunicación entre los buzos y la estación de control de buceo.
- **Sistema de suministro de aire.** Fuente de aire primaria de dos cilindros de 6 p^3 , a $3,000 \text{ lb/p}^2$; fuente de aire secundaria de un cilindro de 1.52 p^3 , a $3,000 \text{ lb/p}^2$; y una estación de carga de SCUBA.

La información detallada y las instrucciones de operación están cubiertas en las *Instrucciones de Operación y Mantenimiento para el Carro de Buceo de Reparaciones de Emergencia en Muelle Listo para Operar (ROPER)*, SS500-AS-MMA-010.



Figura 8-7. Carro ROPER.

8-5.4 **Sistema de Buceo Transportado por Aire (FADS) III.** El FADS III es un sistema de soporte de vida del buzo portátil, autónomo, diseñado para soportar operaciones de buceo a 190 pam (Figura 8-6). El aire comprimido a $5,000 \text{ lb/p}^2$ está contenido en nueve cilindros de 3.15 p^3 de volumen interno, montados verticalmente en un Ensamble de Suministro de Aire

(ASRA). El ASRA contendrá 9600 p³ de aire comprimido a 5,000 lb/p². El aire comprimido es provisto por un compresor de aire a 5,000 lb/p² que incluye un sistema de purificación de aire. El FADS III también incluye una consola de control y un tanque de volumen. Tres bancos de dos, tres y cuatro cilindros permiten al ASRA proporcionar aire primario y secundario a los buzos así como el aire de soporte para las operaciones de cámara. El ajuste y procedimientos de operación para el FADS III se encuentran en el *Manual Técnico de Operación y Mantenimiento para el Sistema de Buceo Transportado por Aire (FADS) III Sistema de Aire*, S9592-B1-MMO-010.

8-5.5

Ensamble de la Consola de Regulación de Oxígeno (ORCA)

El propósito del Ensamble de la Consola de Regulación de Oxígeno (ORCA) es proveer oxígeno 100% a los umbilicales de los buzos para usar durante la descompresión con oxígeno en el agua. Está diseñado para usarse con cualquier Sistema de Soporte de Vida de Buceo actualmente certificado. El ORCA requiere suministros de oxígeno separados. El ORCA consiste de un sistema de válvula de control y un regulador de presión. El sistema de válvula de control contiene aislamiento, purga, válvulas de control, manómetros, y un regulador de presión de oxígeno a alta presión para simultáneamente proveer oxígeno a baja presión a hasta 3 buzos. Cuando no se usa el reductor de oxígeno, está instalado un sistema de tubería para permitir un paso directo de gas respirable de los buzos desde cualquier sistema de suministro de aire del buzo compatible. (Ver [Figuras 8-8 y 8-9](#)).

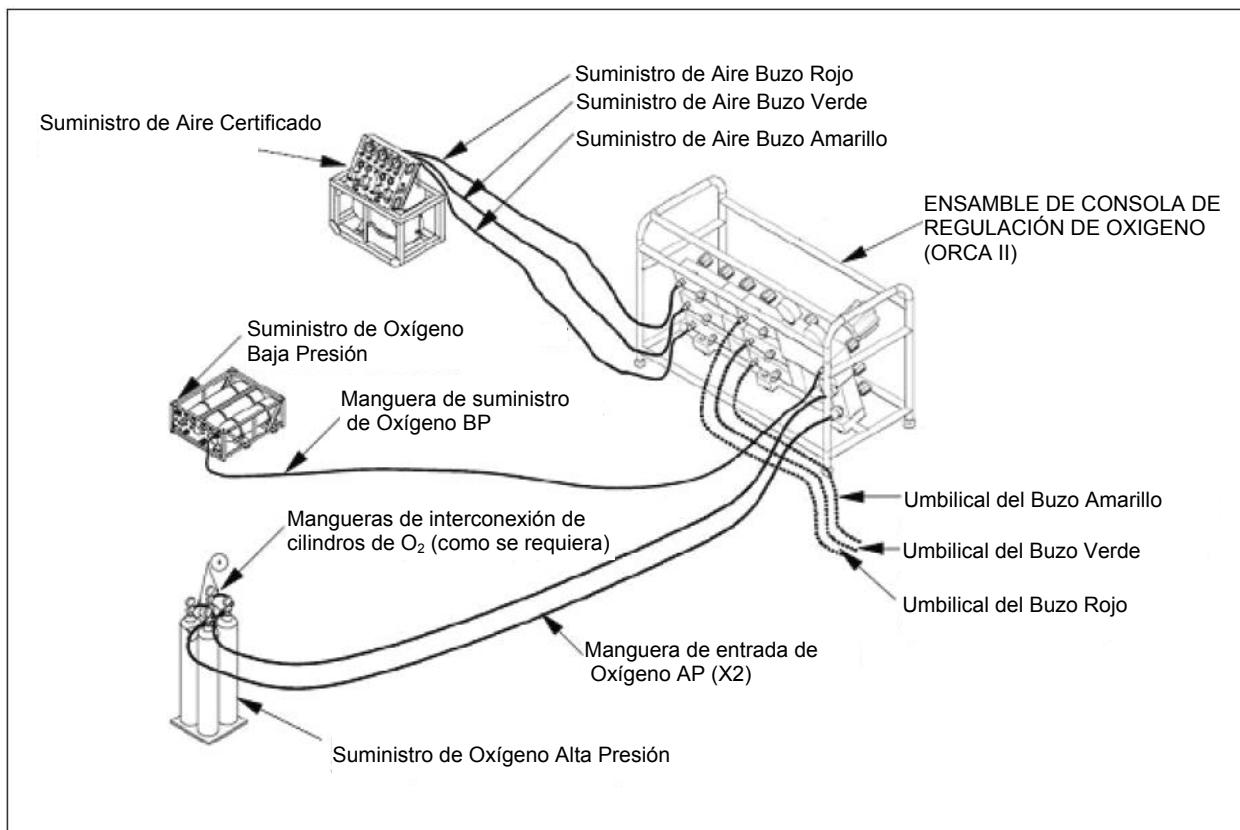


Figura 8-8. Ensamble de Control de Regulación de Oxígeno (ORCA) II Esquemático.



Figura 8-9. Ensamble de Control de Regulación de Oxígeno (ORCA) II.

8-6 EQUIPO ACCESORIO PARA EL BUCEO CON SUMINISTRO DESDE SUPERFICIE

El equipo accesorio que es útil frecuentemente en las operaciones de buceo con suministro desde superficie incluye los siguientes artículos:

- **Línea de sonda.** La línea de sonda es usada para medir la profundidad.
- **Línea de descenso.** La línea de descenso guía al buzo al fondo y es usada para pasar herramientas y equipo. Es recomendada una línea de 3 pulgadas de doble trenzado, para prevenir torsiones y para facilitar la identificación por el buzo en el fondo. En uso, el extremo de la línea puede ser sujetado a un objeto submarino fijo, o puede ser anclada con peso suficiente para resistir la corriente.
- **Línea de rastreo.** La línea de rastreo es colocada en el extremo del fondo de la línea de descenso. Es usada por el buzo como una guía en búsquedas y para relocalizar la línea de descenso.
- **Canastilla.** Construida para llevar uno o más buzos, la canastilla es usada para poner a los buzos en el agua y llevárlos a la superficie, especialmente cuando deben hacerse paradas de descompresión. La canastilla está hecha en una forma de parrilla abierta para reducir la resistencia del agua y puede incluir asientos. Se le proporcionan guías para la línea de descenso, varios cáncamos para colocar herramientas y líneas de estabilización o pesos. Los marcos de las canastillas pueden ser colapsables para facilitar el almacenamiento. Un grillete de seguridad o un grillete con perno atornillado y asegurado con alambre o con una chaveta debe ser usado para conectar a la canastilla con la línea de izaje cuando se sube o baja. Las canastillas pueden ser probadas con peso de acuerdo con el SMP.

- **Línea de la canastilla.** Usada para subir y bajar la canastilla, es de 3 pulgadas de doble trenzado, o de cable de 3/8 de pulgada como mínimo, tomado por un cabrestante o por un winche y pescante.
- **Escala de buceo.** La escala de buceo es usada para entrar al agua desde una embarcación.
- **Pesos.** Pesos de hierro colado o plomo son usados como lastre de la línea de descenso.
- **Bolsa de herramientas.** Usada para llevar herramientas.
- **Cronómetros.** Los cronómetros son usados para llevar el tiempo total de buceo, tiempo de paradas de descompresión, tiempo de ascenso, etc.

8-7 SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AIRE EN SUPERFICIE

El suministro de aire del buzo puede originarse desde un compresor de aire, un banco de cilindros de aire de alta presión o una combinación de ambos.

8-7.1 Requerimientos para el Suministro de Aire. Sin importar la fuente, el aire debe cumplir ciertos estándares de pureza establecidos, debe suministrarse en un volumen adecuado para respiración y debe tener una cantidad de flujo apropiada para ventilar el casco o máscara. El aire debe también ser provisto a presión suficiente para vencer la presión del agua en el fondo y la presión perdida debida al flujo a través de la manguera de buceo, conectores y válvulas. Los requerimientos de suministro de aire dependen de los factores específicos de cada buceo, tales como la profundidad, duración, nivel de trabajo, número de buzos a ser soportados y tipo de sistema de buceo que está siendo usado.

8-7.1.1 Estándares de Pureza del Aire. El aire tomado directamente desde la atmósfera y bombeado al buzo puede no cumplir con los estándares de pureza establecidos. Puede estar contaminado por el escape del motor. El aire inicialmente puro puede llegar a contaminarse mientras pasa a través de un sistema del compresor de aire defectuoso. Por esta razón, todo el aire de los buzos debe ser muestrado y analizado periódicamente para asegurar que cumple con los estándares de pureza. Refiérase a la [Tabla 4-1](#) para los requerimientos de pureza del aire comprimido.

Para cumplir estos estándares, deben usarse compresores especialmente diseñados con el paso del aire suministrado a través de un sistema de filtración altamente eficiente. El aire tomado desde cualquier espacio de maquinaria o viento en contra del escape de una máquina o calentador, debe ser considerado como contaminado. Por esta razón, debe ejercerse cuidado en la colocación y operación de un compresor de aire de buceo para evitar tales condiciones. La tubería o conducto de succión debe ser provisto para llevar aire no contaminado al compresor. El extremo exterior de esta tubería debe ser situado para eliminar fuentes de contaminación. Para asegurar que la fuente de aire de respiración del buzo cumple satisfactoriamente los estándares establecidos arriba, debe verificarse a intervalos que no excedan 8 meses, de acuerdo con el SMP.

8-7.1.2 Requerimientos de Flujo del Suministro de Aire. El flujo requerido para el equipo de respiración de demanda, tal como el MK 21 MOD 1, KM-37 ó MK 20 MOD 0 deben cumplir los requerimientos de flujo del buzo. Los requerimientos de flujo para respiración en un sistema de demanda están basados sobre el promedio de flujo de aire demandado por los buzos bajo condiciones de trabajo normales. El pico máximo de proporción de flujo bajo condiciones de trabajo severas no es un requerimiento continuo, pero es algo más que la proporción más alta de flujo de aire lograda durante la parte de inhalación del ciclo respiratorio. Los requerimientos del buzo varían con la demanda respiratoria de los niveles de trabajo del buzo.

8-7.1.3 Requerimientos de Suministro de Presión. En función de alimentar al buzo con un adecuado flujo de aire, la fuente de aire debe entregarlo a suficiente presión para vencer la presión del agua salada del fondo y la caída de presión que es debida al flujo del aire a través de las mangueras y válvulas del sistema. La [Tabla 8-2](#) muestra los valores para el consumo de aire y las presiones mínimas sobre el fondo, requeridas para cada uno de los UBAs suministrados desde superficie.

Tabla 8-2. Requerimientos del Sistema Primario de Aire.

Sistema	Presión Mínima del Manifold (PMM)	CONSUMO DE AIRE	
		Promedio Sobre Descenso y Fase de Fondo (p³/min reales)	Promedio Sobre Ascenso y Descompresión (p³/min reales)
MK 21 MOD 1, KM-37 EXO BR MS	(Profundidad en pam x 0.445) + 90 a 165 lb/p², dependiendo de la profundidad del buceo.	1.4 (Nota 1)	0.75
MK 20 MOD 0	(Profundidad en pam x 0.445) + 90 lb/p²	1.4	0.75

Nota 1: El requerimiento de presión de suministro del manifold es de 90 lb/p² manométricas sobre la presión del fondo para profundidades hasta 60 pam, y 135 lb/p² manométricas sobre la presión del fondo para profundidades desde 61-130 pam. Para buceos desde 131-190 pam, debe usarse 165 lb/p² manométricas sobre la presión del fondo.

8-7.1.4 Control del Vapor de Agua. Un sistema de suministro de aire apropiadamente operado, nunca debe permitir que el aire suministrado al buzo alcance su punto de condensación. El control de la cantidad de vapor de agua (humedad) en el suministro de aire normalmente es realizado por uno o ambos de los siguientes métodos:

- **Compresión/Expansión.** A medida que el aire a alta presión se expande al cruzar una válvula reductora de presión, la presión parcial de vapor de agua en el aire disminuye. Una vez que la expansión toma lugar a esencialmente una temperatura constante (isotermia), la presión parcial del vapor de agua requerida para saturar el aire permanece igual. De esta manera, la humedad relativa del aire se reduce.
- **Enfriamiento.** El enfriamiento del aire antes de expandirse eleva su humedad relativa, permitiendo que algo del vapor de agua se condense. El líquido condensado puede entonces ser drenado del sistema.

8-7.1.5 Requerimientos de Aire del Buzo de Respaldo. Los requerimientos de suministro de aire no pueden estar basados solamente sobre el cálculo de las necesidades continuas de los buzos que están comprometidos inicialmente en la operación. Ahí debe haber una reserva adecuada para soportar un buzo de respaldo que pude ser necesario.

8-7.2 Suministro de Aire Primario y Secundario. Todos los sistemas de buceo con suministro desde superficie deben incluir un suministro de aire primario y un secundario de acuerdo con la *Especificación General para el Diseño, Construcción, y Reparación de Equipo de Buceo e Hiperbárico*, NAVSEA TS500-AU-SPN-010. El suministro primario debe ser capaz de soportar los requerimientos de flujo y presión para el equipo de buceo designado ([Tabla 8-2](#)). La capacidad del suministro primario debe satisfacer el ritmo de consumo del número designado de buzos para la duración completa del buceo (el tiempo de fondo más el tiempo de descompresión). Cuando se mida el suministro, debe tomarse en cuenta la profundidad máxima de buceo, el número de buzos y el equipo a ser usado. El suministro secundario debe ser medido para ser capaz de soportar la recuperación de todos los buzos usando el equipo y perfil de buceo del suministro primario si este sufre un

accidente en el peor momento (por ejemplo, inmediatamente antes de completar el tiempo de fondo planeado a la máxima profundidad de buceo, cuando la obligación de descompresión es más grande). Los suministros primario y secundario pueden ser bancos de alta presión (AP) o compresor.

8-7.2.1

Requerimientos para los Procedimientos de Operación y Emergencia. Los procedimientos de operación (PO) y los procedimientos de emergencia (PE), deben estar disponibles para soportar operaciones del sistema y la recuperación por situaciones de emergencia. Los PO y PE requieren ser aprobados por NAVSEA o NAVFAC de acuerdo con el [párrafo 4-2.6.3](#). Si el sistema de buceo con suministro desde superficie tiene integrada una cámara de recompresión, debe asignarse un suministro de aire para los requerimientos de la cámara. ([Volumen 5](#)).

Todas las válvulas e interruptores eléctricos que influyan directamente con el suministro de aire deben ser etiquetadas:

“Suministro de Aire de Buzos – No Tocar”

Los bancos de cilindros y grupos de válvulas requieren solo una etiqueta central en la válvula de control principal.

Se requiere un tanque de volumen cuando se opera directamente desde un compresor de aire de baja presión. El tanque de volumen mantiene el suministro de aire si la fuente de suministro principal falla, proporcionando tiempo para activar el suministro de aire secundario. También absorbe las pulsaciones de presión resultantes de la operación del compresor. También puede requerirse un tanque de volumen cuando este es parte integral del diseño del sistema, tal como un Sistema de Buceo Ligero. Cuando se opera desde una fuente de aire a alta presión, no es requerido un tanque de volumen si el reductor de presión ha sido provisto para resistir el ciclaje de presión significativo causado por el uso de los reguladores de demanda de los UBA.

8-7.2.2

Compresores de Aire. Muchos sistemas de suministro de aire usados en las operaciones de buceo de la Marina incluyen cuando menos un compresor como fuente de aire. Para seleccionar apropiadamente tal compresor, es esencial que el buzo tenga un entendimiento básico de los principios de la compresión de gas. La lista ANU NAVSEA/00C contiene las guías para compresores aprobados por la Marina para sistemas de aire para los buzos. Ver [Figura 8-10](#).

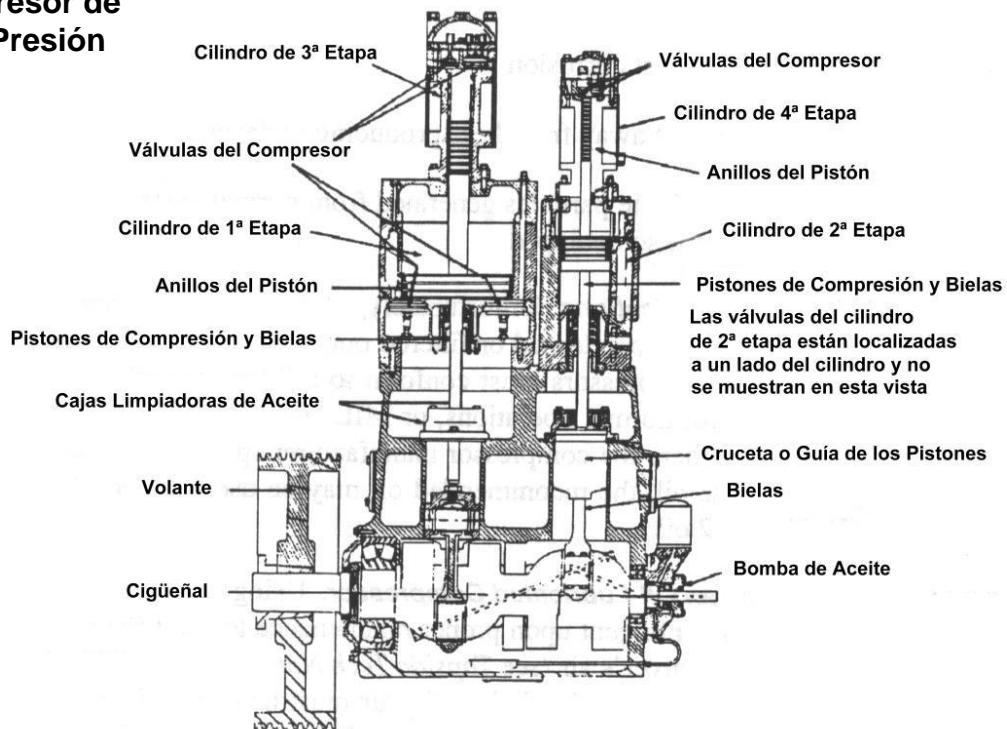
8-7.2.2.1

Compresores de Aire Recíprocantes. Los compresores de aire reciprocantes son los únicos compresores autorizados para usar en las operaciones de buceo de la Marina. Los modelos de baja presión (BP) pueden proveer cantidades de flujo suficientes para soportar operaciones de buceo con suministro de aire desde superficie u operaciones con cámaras de recompresión. Los modelos de alta presión pueden cargar bancos de aire de alta presión y cilindros SCUBA.

8-7.2.2.2

Requerimientos de Capacidad de los Compresores. Los compresores de aire deben cumplir los requerimientos de flujo y presión señalados en los [párrafos 8-7.1.2](#) y [8-7.1.3](#). Normalmente, los compresores reciprocantes tienen su rango (capacidad en pies cúbicos por minuto y presión de entrega en lb/p^2 manométricas) estampado en la placa de identificación del fabricante. Este rango está normalmente basado en las condiciones de entrada de 70°F (21.1°C), $14.7 \text{ lb}/\text{p}^2$ reales de presión barométrica y 36 % de humedad relativa (una densidad del aire de 0.075 libras por pie cúbico) Si las condiciones de entrada varían, la capacidad real se incrementa o disminuye de los valores estimados. Si no se proporciona directamente, la capacidad será proporcionada realizando una prueba de salida al compresor (ver las Pruebas de Capacidad de Compresores, Notas Técnicas de Cubierta, Instrucciones de Compresores/Procesos Volumen II, NAVSEA-00C4-PI-004).

Compresor de Alta Presión



Compresor de Mediana Presión

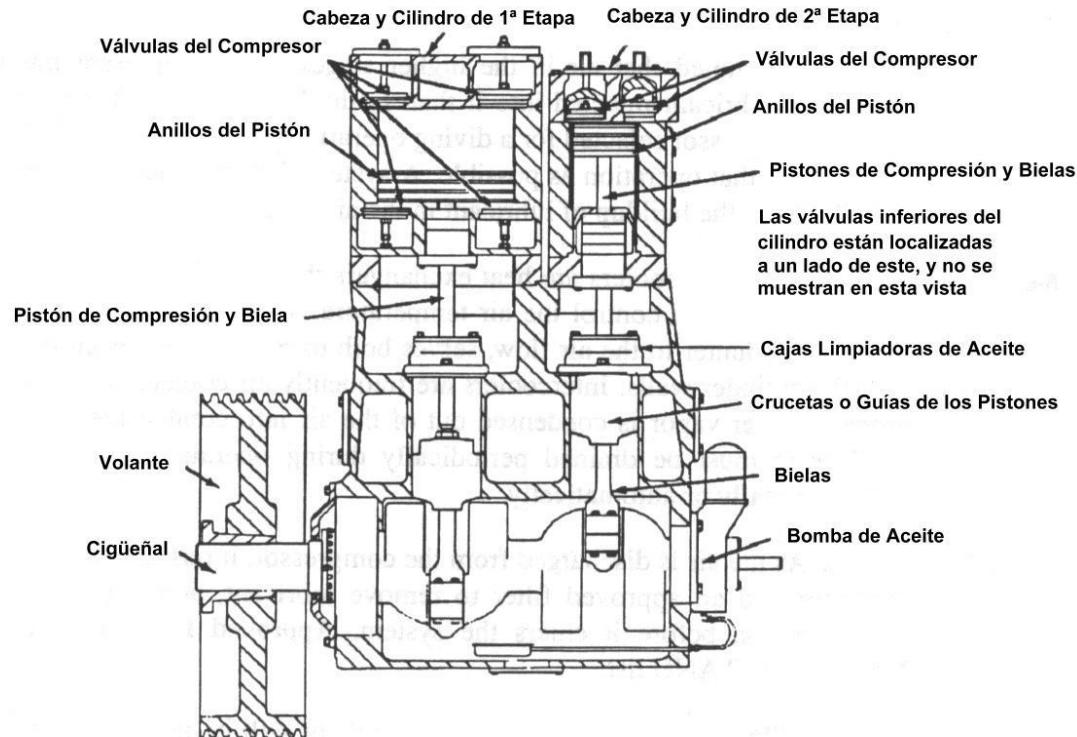


Figura 8-10. Compresor AP (arriba), Compresor MP (abajo)

Ya que la capacidad es el volumen de aire a condiciones atmosféricas definidas, comprimido por unidad de tiempo, es afectada solamente por la primera etapa, mientras todas las otras etapas solamente incrementan la presión y reducen la temperatura. Todos los compresores industriales están estampados con un código, consistente en un mínimo de dos, pero usualmente cuatro a cinco números para especificar el calibre y recorrido.

La capacidad real del compresor siempre será menor que el desplazamiento por el volumen de espacio de los cilindros. Este es el volumen arriba del pistón que no es desplazado por el pistón durante la compresión. Los compresores que tienen un pistón de primera etapa de cuatro pulgadas de diámetro o más grande, normalmente tienen una capacidad real de alrededor del 85 % de su desplazamiento. En los pistones de primera etapa más chicos, el porcentaje de la capacidad es más bajo, porque el volumen de espacio representa un porcentaje más grande que el volumen del cilindro.

- 8-7.2.2.3** **Lubricación.** Los pistones de los compresores reciprocatantes son lubricados con aceite o agua. La mayoría de los compresores de buceo de la Marina son lubricados por aceite de petróleo o sintético. En estos compresores, el lubricante:

- Previene el desgaste entre las superficies de fricción
- Sella entre los espacios
- Protege contra la corrosión
- Transfiere calor fuera de las superficies productoras de calor
- Transfiere partículas diminutas generadas del desgaste normal del sistema al depósito de aceite o al filtro si está equipado.

- 8-7.2.2.4** **Especificaciones del Lubricante.** Desafortunadamente, el lubricante se vaporiza dentro del suministro de aire y, si no es condensado o filtrado, alcanzará al buzo. El lubricante usado en los compresores de aire de buceo deben cumplir las especificaciones militares MIL-PRF-17331 (2190 TEP) para operaciones normales, o MIL-PRF-17672 (2135 TH) para operaciones en tiempo frío. Cuando los fabricantes del compresor recomiendan específicamente usar un aceite de base sintética, el aceite recomendado puede ser usado en lugar del MIL-PRF-17331 o MIL-PRF-17672.

- 8-7.2.2.5** **Mantenimiento de un Compresor Lubricado con Aceite.** El uso de un compresor para buceo lubricado con aceite, está supeditado a un mantenimiento apropiado, para limitar la cantidad de aceite introducido en el aire del buzo (ver *Notas Técnicas de Cubierta*, Marzo de 1997). Cuando se usa cualquier compresor lubricado para buceo, el aire debe ser verificado por contaminación de aceite. Las operaciones de buceo deben ser abortadas a la primera indicación de que hay aceite en el aire que está siendo entregado al buzo. Debe realizarse un análisis inmediato para determinar si la cantidad de aceite presente excede el nivel máximo permisible de acuerdo con la [Tabla 4-1](#).

Se ha notado que el aire en las etapas más altas de un compresor, tiene mayor cantidad de lubricante inyectado que en las etapas más bajas. Se recomienda que el compresor seleccionado para una operación de buceo proporcione la presión requerida para la operación tan justo como sea posible. Un sistema que proporciona presión excesiva contribuye a aumentar el lubricante en el suministro de aire.

- 8-6.2.2.6** **Enfriadores.** Los enfriadores son intercambiadores de calor que están colocados entre las etapas de un compresor para controlar la temperatura del aire. El agua, fluyendo a través del intercambiador de calor contra el flujo de aire, sirve para remover calor del aire y para enfriar las paredes del cilindro. Los intercambiadores son frecuentemente enfriados por aire. Durante

el proceso de enfriamiento, el vapor de agua es condensado y sacado del aire hacia los colectores de condensado. El condensado debe ser drenado periódicamente durante la operación del compresor, manual o automáticamente.

- 8-7.2.2.7 **Filtros.** Mientras el aire es descargado desde el compresor, pasa a través de un separador de humedad y un filtro aprobado para remover lubricante, aerosoles y partículas contaminantes antes de entrar al sistema. Los filtros aprobados están en la lista ANU NAVSEA /00C.

- 8-7.2.2.8 **Reguladores de Presión.** Un regulador de presión de descarga será instalado después de la descarga del compresor. Un compresor solo comprime aire para cumplir el suministro de demanda de presión. Si no existe demanda, el aire simplemente será bombeado a través del compresor a presión atmosférica. Los sistemas dentro del compresor, tales como los enfriadores, están diseñados para funcionar con la máxima eficiencia a la presión establecida del compresor. Operando a cualquier presión debajo de este rango reduce la eficiencia de la unidad. Adicionalmente, la compresión reduce el vapor de agua del aire. Reduciendo la cantidad de compresión, incrementa la cantidad de vapor de agua en el aire suministrado al buzo.

El aire suministrado desde el compresor se expande al cruzar el regulador de presión y entra al banco de aire o tanque de volumen. Como la presión aumenta en el banco de aire o tanque de volumen, eventualmente alcanza la presión de alivio del compresor, en ese momento, el exceso de aire simplemente es descargado a la atmósfera. Algunos compresores activados eléctricamente son controlados por interruptores de presión instalados en el tanque de volumen o cilindros de alta presión. Cuando la presión alcanza el límite superior, el motor eléctrico se apaga. Cuando ha sido sacado suficiente aire del tanque de volumen o cilindros AP para bajar la presión a algún límite más bajo, el motor eléctrico se prende de nuevo.

Cualquier compresor de buceo, si no está permanentemente instalado, debe ser asegurado firmemente en su lugar. La mayoría de los compresores portátiles están provistos con cáncamos para este propósito.

- 8-7.2.3 **Cilindros y Recipientes de Alta Presión.** Los cilindros de aire de alta presión son recipientes diseñados para contener aire a presiones sobre 600 psi. Cualquier recipiente de alta presión a ser usado como una unidad de suministro de aire de buceo debe portar los símbolos apropiados del Departamento de Transportación (DOT), Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) o militares, certificando que los cilindros o recipientes cumplen con los requerimientos de alta presión.

Un sistema de suministro de aire completo incluye los manifolds y tubería necesaria, filtro de alta presión, regulador de presión y tanque de volumen. Un manómetro de alta presión debe estar localizado antes del regulador de presión y un manómetro de baja presión debe estar conectado al reductor de presión y tanque de volumen (cuando sea requerido).

Usando este tipo de sistema, una sección debe mantenerse en reserva. Los buzos toman aire del tanque de volumen, en el cual la presión es regulada conforme a los requerimientos de suministro del buceo. La duración del buceo está limitada por la cantidad de tiempo que los bancos pueden proporcionar aire antes de llegar a reducirse a 200 lb/p² sobre la presión mínima del manifold. Esta presión mínima de 200 lb/p² debe permanecer en cada cilindro o recipiente.

Como en una operación SCUBA, la cantidad de aire que pueda ser suministrada por un sistema usando cilindros o recipientes, es determinada por la capacidad inicial de los cilindros o recipientes y la profundidad del buceo. La duración del suministro de aire debe ser calculada por adelantado y debe incluir una provisión para la descompresión.

Los ejemplos de cálculos para la duración del buceo, basados en suministro de aire por bancos, se presentan en el Problema Muestra 1, en el [párrafo 8-2.2.3](#) para el MK 21 MOD 1, KM-37. Los problemas de muestra de este capítulo no toman en cuenta los requerimientos del sistema de aire secundario. El sistema de aire secundario debe ser capaz de proporcionar aire en el evento de falla del sistema primario según la *Especificación General para el Diseño, Construcción y Reparación de Equipo de Buceo e Hiperbárico*, NAVSEA TS500-AU-SPN-010. En el problema de muestra del MK 21, este podría significar la descompresión de tres buzos con 30 minutos de tiempo de fondo usando $0.75 \text{ p}^3/\text{min}$ reales por buzo. Un requerimiento adicional se debe considerar si el mismo sistema de aire es para soportar una cámara de recompresión. Refiérase al [Capítulo 21](#) por información sobre la capacidad adicional requerida para soportar una cámara de recompresión.

8-8 COMUNICACION CON EL BUZO

El buzo con suministro desde superficie tiene dos medios de comunicación con superficie, dependiendo del tipo de equipo usado. Si el buzo está usando un UBA con suministro desde superficie, tiene disponible la comunicación por voz y por señales con jalones de líneas. La comunicación por voz es usada como el medio primario de comunicación. Las señales por jalones son usadas solamente como un respaldo. La comunicación buzo a buzo está disponible a través de la intercomunicación con superficie, señales con las manos o con pizarra.

- 8-8.1 Sistemas de Intercomunicación con el Buzo.** Los principales componentes del sistema de intercomunicación incluyen los auriculares y micrófono del buzo, el cable de comunicación para cada buzo, la unidad de control en superficie y la bocina y micrófono del tender. El sistema está equipado con un cable de energía externa y puede aceptar 115 VCA o 12 VCD. La batería interna es usada para los requerimientos de respaldo de energía. Esta no debe ser usada como fuente primaria de energía a menos que no haya disponible una fuente de energía externa.

El sistema de intercomunicación es operado por un telefonista designado en la estación de buceo. El telefonista monitorea la comunicación por voz y mantiene una bitácora precisa de los mensajes significativos. Todas las personas que usan el sistema de intercomunicación deben bajar el tono de su voz y hablar lenta y claramente. La comunicación debe mantenerse breve y simple, usando terminología de buceo estándar. Los buzos deben repetir literalmente todas las instrucciones y órdenes recibidas desde la superficie.

Los sistemas de comunicación con el buzo aprobados por la Marina son compatibles con todos los UBAs con suministro desde superficie. Este es un sistema superficie/subacuático que permite conferencias de comunicación entre el tender y hasta tres buzos.

La voz de los buzos es continuamente monitoreada en la superficie. Todos los controles de comunicación están localizados en la superficie. El Supervisor habla con cualquiera de los buzos ejerciendo el control en el panel frontal. Es necesario un telefonista para monitorear y controlar el sistema de comunicación subacuático todo el tiempo.

- 8-8.2 Señales por Jalones de Líneas.** Una señal por jalones consiste de un jalón o una serie de marcados jalones sobre el umbilical, que son lo suficientemente fuertes para ser sentidos por el buzo ([Figura 8-11](#)). Todo el seno del umbilical debe ser recogido antes de que la señal sea dada.

El código de señales por jalones ([Tabla 8-3](#)) ha sido establecido a través de muchos años de experiencia. Las señales estándar son aplicables a todas las operaciones de buceo; pueden arreglarse señales especiales entre los buzos y el Supervisor de Buceo para cumplir los requerimientos de una misión en particular. La mayoría de las señales son respondidas tan pronto como son recibidas. Esta respuesta consiste en responder con la misma señal. Si una

señal no es respondida adecuadamente por el buzo, la señal de superficie se mandará otra vez. Una ausencia continua de confirmación significa una de tres cosas: la línea está atorada, hay mucho seno en la línea o el buzo está en problemas.

Tabla 8-3. Señales por Jalones de Línea.

Del Tender al Buzo	Señales de Búsqueda (Sin Línea de Rastreo)	
1 Jalón	“¿Está todo bien?” Cuando el buzo está descendiendo un jalón significa “Alto”.	7 Jalones “Inician (o terminan) las señales de búsqueda”.
2 Jalones	“Bajando”. Durante el ascenso, dos jalones significan “Estas subiendo demasiado; baja hasta que te detengamos”.	1 Jalón “Para y busca dónde estás”
3 Jalones	“Prepárate para subir”	2 Jalones “Muévete alejándote del tender directamente si está floja; muévete hacia el tender si está tensa la línea de vida”.
4 Jalones	“Sube”	3 Jalones “De cara al umbilical, ténsalo, muévete a la derecha”
2-1 Jalones	“Enterado” o “Háblame”	4 Jalones “De cara al umbilical, ténsalo, muévete a la izquierda.”
3-2 Jalones	“Ventílate”	
4-3 Jalones	“Circula”	
Del Buzo al Tender	Señales de Búsqueda (Con Línea de Rastreo)	
1 Jalón	“Estoy bien”. Cuando está descendiendo, un jalón significa “Alto” o “Estoy en el fondo”	7 Jalones “Inician (o terminan) las señales de búsqueda”
2 Jalones	“Abajo” o “dame seno”	1 Jalón “Alto y busca donde estas”.
3 Jalones	“Recupera el seno”	2 Jalones “Muévete alejándote del peso”
4 Jalones	“Jálame hacia arriba”	3 Jalones “De cara al peso y yendo a la derecha”.
2-1 Jalones	“Enterado” o “Háblame”	4 Jalones “De cara al peso y yendo a la izquierda”.
3-2 Jalones	“Más aire”	
4-3 Jalones	“Menos aire”	
Señales Especiales Desde el Buzo	Señales de Emergencia Desde el Buzo	
1-2-3 Jalones	“Mándame una marca cuadrada”.	2-2-2 Jalones “Estoy atorado y necesito la asistencia de otro buzo”.
5 Jalones	“Mándame una línea”	3-3-3 Jalones “Estoy atorado pero puedo liberarme solo”.
2-1-2 Jalones	“Mándame una pizarra”	4-4-4 Jalones “Jálame inmediatamente”

TODAS LAS SEÑALES DE EMERGENCIA SE RESPONDEN COMO SE DAN EXCEPTO 4-4-4

Si la comunicación se pierde, el Supervisor de Buceo debe ser notificado inmediatamente y se tomarán los pasos para identificar el problema. La situación es tratada como una emergencia (ver [párrafo 6-10.8.2](#)).

Hay tres señales por jalones que no son respondidas inmediatamente. Dos de estas, de buzo a tender son “Jálame hacia arriba” y “Jálame hacia arriba inmediatamente”. La respuesta consiste en la iniciación de la acción. La otra señal, del tender al buzo, es “Sube”. Esta señal no es respondida hasta que el buzo está listo para dejar el fondo. Si por alguna razón el buzo

no puede responder a la orden, el buzo debe comunicar la razón vía el sistema de intercomunicación por voz o a través de la señal por jalones que significa “Enterado”, seguido (si es necesario) por una señal de emergencia apropiada. Un grupo especial de señales de búsqueda es usado por el tender para dirigir a un buzo en movimientos a lo largo del fondo. Esas señales son duplicadas de las señales por jalones estándar, pero su uso es indicado por una señal inicial de siete jalones, que instruye al buzo a interpretar las señales subsecuentes como señales de búsqueda. Cuando el tender quiere revertir a señales estándar, otra señal de siete jalones es mandada al buzo, lo cual significa que las señales de búsqueda no están más en uso. Solamente el tender usa las señales de búsqueda; todas las señales iniciadas por el buzo son señales estándar. Para ser orientado apropiadamente para el uso de señales de búsqueda, el buzo debe estar en una posición de cara a la línea (el cabo de vida o la línea de descenso, si es empleada una línea de rastreo).



Figura 8-11. Comunicación con Señales por Jalones de Línea

8-9 PROCEDIMIENTOS PREVIOS AL BUCEO

Las actividades previas al buceo para operaciones con suministro desde superficie involucran mucha gente e incluyen la inspección y ensamblaje del equipo, activación de los sistemas de suministro de aire y el vestido de los buzos.

8-9.1

Lista de Verificación Previa al Buceo. Una lista de verificación comprensiva previa al buceo es desarrollada para satisfacer los requerimientos de la unidad de buceo y de la operación en particular. Esta es en adición a la Lista de Verificación de Planeación y Seguridad del Buzo general ([Figura 6-19](#)) y a la sugerida Lista de Verificación Previa al Buceo ([Figura 6-21](#)).

8-9.2

Preparación de la Estación de Buceo. La estación de buceo es cuidadosamente organizada con todo el equipo de buceo y soporte colocado en un lugar asignado. El espacio en la cubierta no debe estar con el equipo desordenado; los artículos que podrían ser dañados son colocados fuera del paso (preferiblemente no en la cubierta). Debe establecerse y seguirse un patrón de disposición estándar.

8-9.3

Preparación del Suministro de Aire. Los sistemas de suministro de aire primario y secundario son verificados para asegurar que el aire adecuado está disponible. El compresor de aire del sistema de aire de los buzos es encendido y verificado por su operación apropiada. Se verifica la presión en los tanques acumuladores. Si están siendo usados cilindros de aire de alta presión, se verifica el manifold de presión. Si un compresor está siendo usado como suministro de aire secundario, se enciende y mantiene trabajando durante todo el buceo. El suministro de aire debe cumplir los estándares de pureza (ver [párrafo 8-7.1.1](#)).

- 8-9.4** **Preparación de Líneas.** Se toma el sondeo de profundidad y son verificadas la línea de descenso, canastilla, líneas de la canastilla y conexiones, con las paradas de descompresión apropiadamente marcadas.
- 8-9.5** **Inspección y Preparación de la Cámara de Recompresión.** Si está disponible, la cámara de recompresión es inspeccionada, todo el equipo necesario y una copia de las tablas de tratamiento de recompresión apropiadas son colocados a la mano en la cámara. También son requeridos dos cronómetros y las tablas de descompresión. El suministro de aire adecuado para la presurización inmediata de la cámara es verificado y el sistema de suministro de oxígeno es cargado y puesto listo para operar de acuerdo con el [Capítulo 21](#).
- 8-9.6** **Inspección Previa al Buceo.** Cuando el Supervisor de Buceo está satisfecho de que todo el equipo está en la estación y en buenas condiciones de operación, el próximo paso es el vestido de los buzos.
- 8-9.7** **Vistiendo al Buzo.** El vestido de los buzos es responsabilidad del tender.
- 8-9.8** **Lista de Verificación del Supervisor de Buceo Previa al Buceo.** El supervisor de Buceo debe usar siempre una lista de verificación previa al buceo antes de poner a los buzos en el agua. Esta lista de verificación debe ser adaptada por la unidad para el equipo y sistemas específicos a ser usados. El [Capítulo 6](#) contiene las listas de verificación previas al buceo, típicas para el equipo con suministro desde superficie. Refiérase al manual de operación y mantenimiento apropiado por listas de verificación detalladas para equipo específico.

8-10 ENTRADA AL AGUA Y DESCENSO

Una vez que los procedimientos previos al buceo han sido completados, los buzos están listos para entrar al agua. Hay varias maneras de entrar al agua, con la elección usualmente determinada por la naturaleza de la plataforma de buceo. Sin importar el método de entrada, los buzos deben observar antes de entrar al agua. Los tres métodos para entrar al agua son:

- Método de la escala
- Método por canastilla
- Método del paso largo.

- 8-10.1** **Verificación en Superficie Previa al Descenso.** En el agua y antes de descender a la profundidad operativa, los buzos hacen una verificación final del equipo.
- El buzo verifica inmediatamente por fugas en el traje o conexiones de aire.
 - Si están siendo empleados dos buzos, ambos verifican lo más posible su propio equipo y entonces verifican el equipo del compañero. El tender u otro buzo pueden asistir mirando por cualquier burbuja delatora.
 - Se hace una verificación de la comunicación y las fallas o deficiencias no notadas previamente son reportadas en este momento.

Cuando se satisface que los buzos están listos en todos los aspectos para iniciar el buceo, ellos notifican al Supervisor de Buceo y los tenders mueven a los buzos a la línea de descenso. Cuando están en posición para descender, el buzo se ajusta para flotabilidad negativa y se prepara para la señal del Supervisor de Buceo.

- 8-10.2 Descenso.** El descenso puede ser realizado con la ayuda de una línea de descenso o una canastilla. El personal de cubierta debe asegurarse que el aire está siendo suministrado al buzo en cantidad y presión suficiente para amortiguar el efecto del constante incremento de la presión del agua.

Mientras desciende, el buzo ajusta el suministro de aire para respirar fácil y confortablemente. El buzo continúa igualando la presión en los oídos como sea necesario durante el descenso y debe estar en guardia por cualquier dolor en los oídos o los senos, o cualquier otra señal de alerta de posible daño. Si es notada cualquiera de estas indicaciones, el descenso es detenido. La dificultad puede resolverse ascendiendo unos pocos pies para recuperar el balance de presión; si esto no es efectivo, el buzo retornará a superficie.

Algunas guías específicas para descender son como sigue:

- Con una línea de descenso, el buzo asegura las piernas alrededor de la línea y se agarra de esta con una mano.
- Con corriente o marea, el buzo desciende con la espalda al flujo para que sea empujado contra la línea y no sea alejado de ella. Si la corriente mide más de 1.5 nudos, el buzo usa peso adicional o desciende en una canastilla lastrada, de modo que descienda lo más vertical posible
- Cuando se usa canastilla para descender, esta es bajada con la ayuda de un winche y guiada al sitio por un grillete unido a la línea de descenso. El buzo se para en el centro de la canastilla, manteniendo el balance agarrándose de ambos lados de la estructura. Al alcanzar el fondo, el buzo sale de la canastilla como lo indique el Supervisor de Buceo.
- La máxima velocidad de descenso permisible, por cualquier método, no debe exceder de 75 pies por minuto, factores tales como la habilidad del buzo para aclarar los oídos, la corriente, visibilidad y la necesidad de alcanzar un fondo desconocido con cautela, pueden hacer que la velocidad real de descenso sea considerablemente menor.
- El buzo señala su llegada al fondo y rápidamente verificará las condiciones del fondo. Condiciones que sean radicalmente diferentes a las esperadas son reportadas al Supervisor de Buceo. Si hay cualquier duda acerca de la seguridad del buzo o la buena disposición del buzo para operar bajo las condiciones cambiadas, el buceo es abortado.
- Un buzo debe ventilarse completamente a intervalos subsecuentes como lo crea necesario y como se lo indiquen desde la superficie. En buceos más profundos que 100 pam, el buzo puede no notar el aviso de síntomas de CO₂ debido a la narcosis por nitrógeno. Es imperativo que el Supervisor de Buceo vigile la ventilación de sus buzos.

8-11 PROCEDIMIENTOS SUBACUATICOS

- 8-11.1 Adaptación a las Condiciones Subacuáticas.** A través de la cuidadosa y completa planeación, los buzos pueden estar apropiadamente preparados para las condiciones subacuáticas en el sitio de buceo. El buzo empleará las siguientes técnicas para adaptarse a las condiciones subacuáticas:

- Una vez alcanzado el fondo y antes de dejar el área de la canastilla o línea de descenso, el buzo verifica su equipo y se asegura que el suministro de aire es adecuado.
- El buzo se orienta en el fondo y sitio de trabajo usando pistas tales como la dirección del umbilical, las características naturales del fondo y la dirección de la corriente. Sin embargo, la corriente del fondo puede diferir de la corriente en superficie. La dirección del flujo de la corriente puede cambiar significativamente durante el periodo del buceo.

Si el buzo tiene cualquier problema en la orientación, el tender puede guiarlo usando las señales de búsqueda por jalones.

El buzo ahora está listo para moverse al sitio de trabajo y empezar la tarea.

8-11.2

Movimiento en el Fondo. Los buzos deben seguir estas guías para el movimiento en las áreas del fondo:

- Antes de dejar la línea de descenso o canastilla, asegure que el umbilical no está enredado.
- Tome una vuelta de su umbilical sobre un brazo; esto actuará como un amortiguador contra una oleada repentina o un jalón de las líneas.
- Proceda lenta y cautelosamente para incrementar la seguridad y conservar la energía.
- Si se encuentra con obstrucciones, pasa sobre los obstáculos, no por abajo o alrededor. Si pasa alrededor de una obstrucción, debe regresar por el mismo lado para evitar atoramiento del umbilical.
- Cuando esté usando un Traje Seco de Volumen Variable, los ajustes en la flotabilidad ayudan en los movimientos, evite saltar por el fondo; todos los movimientos del buzo son controlados.
- Si la corriente es fuerte, inclínese o arrástrese para reducir el área del cuerpo expuesta a la corriente.
- Cuando el movimiento es en fondo rocoso o de coral, asegure que las líneas no se atoren en las salientes, cuidándose contra los pocos pies que se meten y atoran en las grietas. Observe por proyecciones afiladas que puedan cortar las mangueras, el traje de buceo o las manos desprotegidas. El tender está particularmente cuidadoso para cobrar cualquier seno en el umbilical del buzo para evitar atoramiento.
- Evite movimientos innecesarios que remuevan el fondo e impidan la visibilidad.

PRECAUCION

Cuando se bucea con un Traje Seco de Volumen Variable, evite la sobre inflación y esté atento a la posibilidad de ascenso descontrolado cuando se libere del fango. Es mejor llamar por ayuda al buzo standby que el riesgo de ascenso descontrolado.

- El fango y el cieno pueden no ser lo bastante sólidos para soportar su peso. Pueden pasarse muchas horas trabajando bajo el lodo sin riesgo exagerado. Los reguladores de demanda pueden no funcionar bien cuando se cubren de fango o cieno pesado. Si se anticipa que el buzo puede llegar a cubrirse por lodo, como en operaciones de excavado, el buzo debe mantener la válvula de flujo del casco ligeramente abierta. El peligro principal con los fondos fangosos viene de los obstáculos ocultos y escombros peligrosos.

8-11.3

Búsqueda en el Fondo. Si no está disponible el equipo apropiado de búsqueda electrónico, puede ser necesario usar buzos sin ayuda para realizar el rastreo. Los procedimientos para rastrear el fondo con buzos sin ayuda son:

1. Un buceo de búsqueda en el fondo puede ser realizado con una línea de rastreo, usando la línea de descenso como el punto base del rastreo. El primer barrido se hace manteniendo la línea de rastreo tensa a un punto determinado por el rango de visibilidad. Si es posible, la línea de descenso debe estar a la vista o, si la visibilidad es limitada, al

alcance. El punto de inicio se establece con una marca, una orientación lineal con la corriente o la luz, señales desde superficie o un compás de pulsera. Después que se ha hecho un barrido total de 360°, el buzo se mueve hacia fuera de la línea de rastreo incrementando la distancia (alrededor del doble del primer punto) y haciendo un segundo barrido en la dirección opuesta para evitar torceduras o enredamiento del umbilical.

2. Si el objeto no es encontrado cuando se llega al final de la línea de rastreo, el punto base (la línea de descenso) se cambia. Cada punto base en sucesión debe ser marcado con una boyas para evitar la duplicación innecesaria en el rastreo. Si el rastreo se hace extenso, muchas de las boyas de marca pueden ser removidas, dejando solamente aquellas que marcan los límites externos del área.
3. Si el buzo no es capaz de hacer un círculo completo alrededor de la línea de descenso por la corriente excesiva u obstrucciones, el patrón de rastreo se ajustará de acuerdo a esto.
4. Puede establecerse un patrón de rastreo lineal (Jack-Stay) colocando dos boyas grandes y una línea entre ellas. Una lancha de buceo, con un buzo en el fondo, puede seguir a lo largo de la línea de boyas a boyas, coordinando el progreso con el buzo que está rastreando a cada lado de la línea base establecida. Estas boyas pueden ser reajustadas para agrandar las áreas de rastreo.
5. Una vez que el objeto de la búsqueda es localizado, se marca. El buzo puede asegurar la línea de rastreo al objeto como una medida provisional, mientras espera por una línea de flotador le sea bajada.

8-11.4 **Buceo en Espacios Cerrados.** Los buzos son frecuentemente requeridos para trabajar en espacios cerrados o confinados. El buceo en espacio cerrado debe ser soportado por un sistema de aire suministrado desde superficie.

8-11.4.1 **Peligros de los Espacios Confinados.** El interior de barcos hundidos, barcazas, tanques de lastre de submarinos, tanques de lodo, domos de sonar y compartimientos estancos, son peligrosos por lo limitado del acceso, visibilidad escasa y las superficies resbaladizas. Los espacios cerrados pueden estar secos o inundados, y los espacios secos pueden contener una atmósfera contaminada.

NOTA **Cuando un buzo está trabajando en un espacio cerrado o confinado, con la excepción de tanques de lastre de submarinos, el Supervisor de Buceo debe tener al buzo tender por otro buzo en la abertura de acceso. A la larga, el número de buzos atendiendo desplegados depende de la situación y del buen juicio del Oficial de Buceo, el Jefe de Buceo o el Supervisor de Buceo en el sitio.**

8-11.4.2 **Precauciones de Seguridad en Espacios Cerrados.** Debido a los peligros involucrados en las operaciones en espacios cerrados, los buzos deben adherirse rigurosamente a las siguientes advertencias.

ADVERTENCIA **Durante el buceo en espacios cerrados, todos los buzos deben estar equipados con MK 21 MOD 1, KM-37, MK 20 MOD 0 ó EXO BR MS que incluya un sistema de comunicación buzo a buzo y buzo a superficie y un SGE para los buzos del interior del espacio.**

ADVERTENCIA **Para tanques de lastre de submarinos, los buzos no se deben quitar su equipo de buceo hasta que la atmósfera ha sido ventilada dos veces, con aire de una fuente de aire comprimido que cumpla los requerimientos del Capítulo 4, o el ventilador B.P. del submarino, y se confirmen las pruebas de que la atmósfera es segura para respirar. Las pruebas del aire en el espacio cerrado deben ser**

realizadas cada hora. Las pruebas deben ser hechas de acuerdo con NSTM 074, Volumen 3, Ingeniería Libre de Gases (S9086-CH-STM-030/CH-074) para fuerzas a flote, y NAVSEA S-6470-AA-SAF-010 para instalaciones en la costa. Si los buzos huelen cualquier olor inusual, deben ponerse inmediatamente sus SGE.

ADVERTENCIA **Si el equipo de buceo falla, el buzo debe inmediatamente abrir el SGE y abortar el buceo.**

8-11.5 Trabajando Alrededor de Esquinas. Cuando se trabaja alrededor de esquinas, donde el umbilical parece estar atorado o las señales por jalones pueden disiparse, un segundo buzo (buzo tender) puede ser enviado para atender las líneas del primer buzo en las obstrucciones y para pasar cualquier señal por jalones. Las señales por jalones son usadas cuando la comunicación por audio se ha perdido, y está pasando sobre las líneas del primer buzo; el buzo tender usará sus propias líneas solo para señalar directamente lo relacionado a su propia situación.

8-11.6 Trabajando Dentro de un Naufragio. Cuando se trabaja dentro de un naufragio, se sigue el mismo procedimiento de despliegue de buzos tender. Esta técnica aplica para los buzos tender también: cada buzo que penetra a un nivel de cubierta, tiene otro buzo tender a este nivel o niveles arriba. Finalmente, el número de buzos tender desplegados depende de la situación y del buen juicio del Oficial de Buceo, el Jefe de Buceo o el Supervisor de Buceo en el sitio. Obviamente, una operación que requiera penetración a múltiples niveles de cubierta, requerirá una planeación anticipada y detallada para proporcionar el adecuado apoyo del número de buzos requerido. El MK 21 MOD 1, KM-37 y el MK 20 MOD 0 son los únicos equipos aprobados para trabajar dentro de un naufragio. Los buzos entran al naufragio con los pies primero y nunca usa la fuerza para lograr entrar a través de una abertura.

8-11.7 Trabajando Con o Cerca de Líneas de Anclaje. Cuando se trabaja con o cerca de líneas de anclaje, observe las siguientes reglas:

- Permanezca lejos de las líneas bajo tensión.
- Evite pasar bajo las líneas o anclas si es todo posible; evite recargarse contra las líneas o anclas que han llegado a tener incrustaciones de crecimiento marino.
- Si una línea o ancla está por ser cambiada, el buzo es llevado a la superficie y, si no es sacado del agua, es movido a una posición libre de cualquier peligro.
- Si un buzo debe trabajar con varias líneas (mensajeras, líneas con flotadores, líneas de izaje, etc.), cada una debe ser de característica distinta (tamaño o material) o ser marcada (código de colores, etiquetas, envolturas).
- Nunca corte una línea a menos que sea identificada positivamente.
- Cuando se prepara para subir cargas pesadas desde el fondo, las líneas seleccionadas deben ser lo suficiente fuertes y la plataforma en superficie debe estar posicionada directamente sobre el objeto a ser subido. Antes de levantar, asegure que el buzo está fuera del área de izaje o deja el agua.

8-11.8 Verificación en el Fondo. La verificación en el fondo es realizada después de retornar a la canastilla o línea de descenso y antes de ascender. La verificación es básicamente la misma para cada equipo.

1. Asegure que todas las herramientas están listas para el ascenso.

2. Verifique que todos los umbilicales y líneas están libres para ascender.
3. Evalúe y reporte su condición (nivel de fatiga, fuerza remanente, dolores físicos, etc.) y agudeza mental.

8-11.9

Procedimientos en el Sitio de Trabajo. El rango de trabajos de buceo es amplio y variado. Muchos trabajos siguen detallados procedimientos y requieren entrenamiento previo específico para asegurar la familiarización con el trabajo. El *Manual de Reparación de Barcos a Flote*, S0600-AA-POR-010, presenta las guías para los trabajos más comúnmente encontrados, tales como remplazo y reparación de propelas, hojas de propelas, motores de propulsión auxiliares y domos de sonar.

8-11.9.1

Procedimientos de Reparación de Barcos a Flote. Debido a la complejidad de los sistemas subacuáticos de los barcos y la sofisticación de las nuevas técnicas de reparación desarrolladas, fueron desarrollados procedimientos específicos para proporcionar las guías en la reparación y mantenimiento subacuático de los barcos de la Marina de E.U. Estos procedimientos se localizan en capítulos encuadrados individualmente del *Manual de Reparación de Barcos a Flote* (S0600-AA-PRO-010). El Capítulo 1 del manual es el Índice y Guía del Usuario, el cual proporciona información sobre los capítulos subsecuentes del manual.

8-11.9.2

Trabajando con Herramientas. El trabajo subacuático requiere las herramientas y materiales apropiados, tales como cemento, espuma plástica y compuestos para parches. Muchas de estas son herramientas de mano (preferiblemente resistentes a la corrosión) y materiales estándar; otros son especialmente diseñados para trabajos subacuáticos. Un buzo calificado llegará a familiarizarse con las consideraciones particulares involucradas en los trabajos con estas diversas herramientas y materiales en un ambiente subacuático. La transmisión de la experiencia entrenando es el único camino para obtener las destrezas necesarias. Consulte los manuales de operación y mantenimiento apropiados para el uso de técnicas de herramientas subacuáticas específicas. En los trabajos con herramientas, siempre aplican las siguientes reglas básicas:

- Nunca use una herramienta que no esté en buen estado. Si una herramienta de corte llega a hacerse lenta, regrésela a superficie para que sea afilada.
- No sobre cargue el sitio de trabajo con herramientas innecesarias, pero tenga todas las herramientas que puedan ser necesarias rápidamente disponibles.
- Las herramientas se aseguran a la canastilla de buceo en una argolla, llevadas en una bolsa de herramienta colgada sobre el brazo del buzo o bajadas por la línea de descenso usando un grillete y una línea ligera para bajarlas. Antes de ascender o descender, apague todas las herramientas de poder. Coloque argollas para todas las herramientas, conectores, grilletes y pernos.
- Usando la canastilla de buceo como un sitio de trabajo, permite la organización de las herramientas mientras se proporciona seguridad contra pérdidas. La canastilla también da al buzo apalancamiento y estabilidad cuando aplica fuerza (como a una llave), o cuando trabaja con una herramienta de poder que transmite una fuerza de retroceso a través del buzo.
- Atando un cabo circulando el sitio de trabajo también da al buzo apalancamiento mientras lo mantiene próximo a su tarea sin tener que luchar continuamente con la corriente.

8-11.10

Procedimientos de Seguridad. Los mejores factores de seguridad son una positiva y segura actitud acerca del buceo y la cuidadosa planeación anticipada por las emergencias. Un

buzo en problemas bajo el agua debe relajarse, evitar el pánico, comunicar el problema a la superficie y cuidadosamente pensar por las posibles soluciones a la situación. El personal de apoyo en superficie debe implementar procedimientos de emergencia en el sitio de trabajo como se indica en el [Capítulo 6](#). En todas las situaciones, el Supervisor de Buceo debe asegurar que el sentido común y la buena marinería prevalecen para resolver seguramente cada emergencia.

Los procedimientos de emergencia son cubiertos específicamente para cada equipo en sus apropiados manuales de operación y mantenimiento, y en general en el [Capítulo 6](#). Sin embargo, hay un número de situaciones en donde un buzo parece que se encuentra en el rango normal de actividad, las cuales si no son prontamente resueltas, pueden caer a la escala total de emergencias. Estas situaciones y la acción apropiada a ser tomada, son las siguientes.

8-11.10.1 Umbilical Atorado. Tan pronto como un buzo descubre que el umbilical se ha atorado, debe parar y examinar la situación. Jalando o tirando sin un plan puede solamente servir para complicar el problema y podría llevar a dañar la manguera. Si es posible, se notifica al Supervisor de Buceo (el atoramiento puede obstruir la transmisión de las señales por jalones). Si las líneas están atoradas sobre una obstrucción, volviendo sobre sus pasos podría liberarlas. Si las líneas no pueden ser aclaradas rápida y fácilmente, el buzo de respaldo es mandado abajo para asistir. Este es enviado como procedimiento normal, las comunicaciones deben estar interrumpidas y el tender ser incapaz de jalar al buzo. El buzo de respaldo, usando el umbilical del primer buzo (como línea de descenso), debe ser capaz de seguir y liberar las líneas. Si es imposible liberar al primer buzo, el buzo de respaldo debe avisar por un umbilical de remplazo.

8-11.10.2 Línea de Descenso Enredada. Si el buzo llega a enredarse con la línea de descenso y no puede ser fácilmente desenredado, es necesario jalar al buzo y a la línea a superficie, o cortar el peso liberándolo de la línea e intentar jalarla desde superficie. Si la línea de descenso está asegurada a un objeto o si el peso es muy pesado, el buzo puede tener que cortar la línea antes de que sea jalado. Por esta razón, un buzo no debe descender sobre una línea que no pueda ser cortada.

ADVERTENCIA **Si las condiciones del trabajo requieren el uso de un cable de acero o una cadena como línea de descenso, el Oficial de Buceo debe aprobar tal uso.**

8-11.10.3 Caída. Cuando se está trabajando a la mitad de la profundidad en la columna de agua, el buzo debe mantener una mano sobre la canastilla o aparejo, para evitar caídas. El buzo evita poner un brazo sobre la cabeza con traje seco; el escape alrededor de los bordes de los puños puede cambiar la flotabilidad del traje e incrementar la posibilidad de una caída en la columna de agua.

8-11.10.4 Daño al Casco y Traje de Buceo. Si ocurre una fuga en el casco, se baja la cabeza del buzo y la presión del aire se incrementa ligeramente para prevenir entrada de agua. Una fuga en el traje de buceo solamente requiere permanecer en una posición vertical; el agua en el traje no pondrá directamente en peligro la respiración.

8-11.11 Atendiendo al Buzo. Los procedimientos para atender al buzo son los siguientes.

- 1.** Antes del buceo, el tender verifica cuidadosamente el traje de buceo, con particular atención en la válvula de no retorno, la válvula de control de aire, el mecanismo de seguro del casco, el sistema de intercomunicación, el sello del casco y el arnés.
- 2.** Cuando el buzo está listo, los tenders visten y asisten al buzo para llegar a la canastilla, escala o borde del agua, siempre manteniendo una mano sobre el umbilical.

3. El tender principal y un tender de respaldo como se requiera, están siempre en la estación para asistir al buzo. Cuando el buzo entra al agua, los tenders manejan el umbilical, teniendo cuidado para evitar bordes filosos. Nunca se debe permitir que el umbilical corra libre o sea atorado alrededor de una cornamusa o juego de bitas. El soltado del umbilical es a una velocidad estable para permitir al buzo descender suavemente. Si se usa una canastilla, la velocidad de descenso es coordinada con el operador del winche o manipuladores de líneas.
4. Durante todo el buceo el tender mantendrá sin aflojar la línea, mientras no se sujeté tan tensa. Dos o tres pies de holgura permiten al buzo libertad de movimiento y previene al buzo de ser jalado del fondo por la agitación del barco de soporte o la fuerza de la corriente actuando sobre la línea. El tender ocasionalmente verifica el umbilical para asegurar que el movimiento del buzo no ha resultado en aflojamiento excesivo. El aflojamiento excesivo hace difíciles las señales, e incrementa la posibilidad de que se enrede el umbilical.
5. El tender monitorea el umbilical sintiéndolo y a la línea de descenso mirándola por cualquier señal por jalón del buzo. Si no se está usando una intercomunicación, o si el buzo está callado, el tender verifica periódicamente la condición del buzo por medio de señales por jalones. Si el buzo no responde, la señal se repite; si permanece sin contestar, se notifica al Supervisor de Buceo. Si se pierde la comunicación, la situación es tratada como una emergencia (ver [párrafo 6-10.8.2](#) por los procedimientos de pérdida de comunicación).

8-11.12

Monitoreo de los Movimientos del Buzo. El Supervisor de Buceo y los miembros designados del equipo de buceo monitorean constantemente el progreso del buzo y cuidan la trayectoria de su posición relativa.

- **Acciones del Supervisor**

1. Sigue el rastro de las burbujas, mientras considera la corriente(s). Si el buzo está rastreando en el fondo, las burbujas se mueven en un patrón regular. Si el buzo está trabajando en un lugar, las burbujas no cambian de posición. Si el buzo se ha caído, las burbujas pueden moverse rápidamente hacia fuera en una línea recta.
2. Monitorea el profundímetro para mantener el rastro de la profundidad de operación. Si el buzo permanece en una profundidad constante o sube, el profundímetro proporciona una lectura directa, sin la necesidad de agregar aire. Si el buzo desciende, la manguera debe ser drenada y se hace una nueva lectura.

- **Acciones del Tender.** Siente el jalón del umbilical.

- **Acciones del Personal Adicional.** Monitorean los manómetros del sistema de suministro para cualquier equipo accionado. Por ejemplo, el amperímetro de una máquina de soldar eléctrica indica un flujo de corriente cuando el arco está en uso; los manómetros de presión para un maneral de gas registran el flujo de combustible. Un cambio en la presión de la unidad de poder hidráulica indica el uso de la herramienta.

8-12 PROCEDIMIENTOS DE ASCENSO

Siga estos procedimientos de ascenso cuando es tiempo para que los buzos retornen a la superficie:

1. Para preparar un ascenso normal, el buzo limpia el sitio de trabajo de herramientas y equipo. Estos pueden ser regresados a la superficie por líneas mensajeras especiales mandadas por la línea de descenso. Si el buzo no puede encontrar la línea de descenso y

necesita una línea especial, esta puede ser fijada en su umbilical y jalada por el buzo. El buzo debe ser cuidadoso de no enredar la línea cuando está situada abajo. El tender entonces jala hacia arriba el seno. Esta técnica es útil en agua poco profunda, pero no es práctica en buceos profundos.

2. Si es posible, la canastilla de buceo es posicionada en el fondo. Si algo no funciona bien, tal como enredamiento de la línea de descenso que evita bajar la canastilla al fondo, la canastilla debe ser posicionada debajo de la primera parada de descompresión si es posible. La lectura del profundímetro es la medida de profundidad principal.
3. Si el ascenso está siendo hecho usando la línea de descenso o la canastilla ha sido posicionada debajo de la primera parada de descompresión, el tender señala al buzo “Prepárate para subir” cuando todas las herramientas y líneas extra han sido recuperadas. El buzo responde la señal. El buzo, sin embargo, no jala hacia arriba. El tender sube al buzo desde el fondo cuando el buzo señala “Listo para subir”, y el tender señala “Subiendo. Reporta cuando dejes el fondo”. El buzo lo reporta.
4. Si, durante el ascenso, mientras se está usando una línea de descenso, el buzo llega a flotar mucho y sube rápidamente, el buzo verifica el ascenso apretando sus piernas sobre la línea de descenso.
5. La velocidad de ascenso es un factor crítico en la descompresión del buzo. El ascenso debe ser cuidadosamente controlado por el tender a 30 pies por minuto. El ascenso es monitoreado con el profundímetro. Cuando el buzo alcanza la canastilla y sube a bordo, notifica a la superficie. La canastilla es entonces traída a la primera parada de descompresión. Refiérase al [Capítulo 9](#) por los procedimientos de descompresión, incluyendo una explicación de las tablas.
6. Mientras se asciende y durante las paradas de descompresión, el buzo debe estar satisfecho de que no se están desarrollando síntomas de problemas físicos. Si el buzo siente cualquier dolor, mareo, entumecimiento, etc., debe notificarlo inmediatamente a superficie. Durante este frecuentemente largo periodo de ascenso, el buzo también verifica para asegurar que su umbilical no está enredando.
7. Una vez que llega a la superficie, el personal de cubierta, coordina el movimiento como lo dicte cualquier acción del oleaje en superficie, trayendo la canastilla y el umbilical arriba y sobre la borda.
8. Si el buzo sale del agua por la escala, los tenders le proporcionan asistencia. El buzo estará cansado, y una caída al agua podría resultar en lesión grave. Bajo ninguna condición debe ser removido cualquier equipo del buzo antes de que esté firmemente en cubierta.

8-13 DESCOMPRESIÓN EN SUPERFICIE

- 8-13.1 Desventajas de la Descompresión en el Agua.** La descompresión en la columna de agua es tiempo consumiéndose, incomodidad e inhibe la capacidad del barco de soporte para navegar. El retraso podría presentar también otros problemas para el barco de soporte: el estado del tiempo, amenaza de acción enemiga o turbación del programa de operación. La descompresión en el agua retrasa el tratamiento médico, cuando es necesario, e incrementa la posibilidad de enfriamiento severo y accidente. Por estas razones, la descompresión es frecuentemente realizada en una cámara de recompresión sobre el barco de soporte ([Figura 8-12](#)). Refiérase al [Capítulo 9](#) por los procedimientos de descompresión en superficie.

- 8-13.2 Transferencia de un Buzo a la Cámara.** Cuando se transfiere un buzo del agua a la cámara, los tenders tienen permitido no más de 3 ½ minutos para desvestirlo. Un tender o

personal médico de buceo, como se requiera por la naturaleza del buceo o la condición del buzo, debe estar en la cámara con cualquier suministro necesario antes de arribar el buzo. El factor tiempo es crítico y el retraso no puede ser tolerado. El desvestido de un buzo para descompresión en superficie debe ser practicado hasta que se desarrolle un procedimiento fácil y coordinado.



Figura 8-12. Descompresión en Superficie.

8-14 PROCEDIMIENTOS POSTERIORES AL BUCEO

Los procedimientos posteriores al buceo son planeados con anticipación para asegurar que el personal es cuidadosamente examinado por cualquier posible lesión o efecto adverso y que el equipo es inspeccionado, mantenido y almacenado en buen estado.

8-14.1

Personal y Reportes. Las actividades inmediatas posteriores al buceo incluyen cualquier tratamiento médico requerido para el buzo y el registro de los reportes obligatorios.

- Se administra tratamiento médico por cortaduras y abrasiones. La condición general del buzo es monitoreada hasta que el desarrollo de problemas es improbable. El Supervisor de Buceo reajusta el cronómetro después de que el buzo alcanza la superficie y permanece alerta por irregularidades en las acciones o estado mental del buzo. El buzo debe permanecer dentro de 30 minutos de tiempo de viaje de la unidad de buceo por un mínimo de 2 horas después de llegar a superficie.
- Los registros y reportes obligatorios son cubiertos en el [Capítulo 5](#). Cierta información es anotada tan pronto como la operación de buceo ha terminado, mientras otros registros mantenidos son programados cuando convenga. El Supervisor de Buceo es responsable por la bitácora de buceo, la cual es mantenida como un relato dirigido del buceo. El buzo es responsable por hacer las entradas apropiadas en el registro personal de buceo. Otro personal, como sea asignado, es responsable por el mantenimiento de la bitácora del equipo usado.

- 8-14.2** **Equipo.** Una lista de verificación posterior al buceo, adaptada al equipo usado, es seguida para asegurar que el equipo recibe el mantenimiento apropiado antes de ser almacenado. Los procedimientos de mantenimiento posteriores al buceo, son contenidos en el manual de operación y mantenimiento del equipo y en el paquete del sistema de mantenimiento planeado.

CAPITULO 9

Descompresión con Aire

9-1 INTRODUCCION

- 9-1.1** **Objetivo.** Este capítulo discute los requerimientos de descompresión para operaciones de buceo con aire.
- 9-1.2** **Alcance.** Los procedimientos de descompresión contenidos en este Capítulo son nuevos. Reemplazan los procedimientos de descompresión con aire que han sido utilizados por la Marina por más de 50 años. Estos nuevos procedimientos son más seguros, más flexibles, y proporcionan más capacidad operacional que los procedimientos antiguos. La mejora primaria en la seguridad resulta del uso de oxígeno durante la descompresión, para acelerar la eliminación del exceso de nitrógeno del cuerpo. Todas, excepto las descompresiones más cortas, son realizadas ya sea respirando oxígeno en el agua o descompresión con oxígeno en superficie.

9-2 TEORIA DE LA DESCOMPRESION

Cuando un buzo descende, la presión parcial de nitrógeno se eleva en sus pulmones arriba de la presión parcial de nitrógeno disuelta en sus tejidos. Esta diferencia de presión causa que el nitrógeno sea transportado de los pulmones a los tejidos por el torrente circulatorio. El transporte a un tejido dado continuará tanto como la presión parcial de nitrógeno en los pulmones sea más alta que la presión parcial de nitrógeno en estos tejidos. El proceso parará cuando el tejido ha absorbido suficiente nitrógeno para elevar la presión parcial a un valor igual al de los pulmones. Los diferentes tejidos absorben nitrógeno a diferentes velocidades. Un tejido con un alto flujo de sangre, como el cerebro, llegará al equilibrio con la presión parcial de nitrógeno en los pulmones más rápido que un tejido con bajo flujo de sangre, como el músculo o tendón. La cantidad total de nitrógeno absorbido por un tejido será mayor conforme sea mayor la profundidad de buceo y más largo el tiempo de fondo, hasta que el tejido llega a saturarse.

Cuando un buzo asciende, el proceso se invierte. La presión parcial de nitrógeno en los tejidos llega a exceder al de los pulmones. Durante el ascenso, El nitrógeno es transportado de vuelta de los tejidos hacia los pulmones por la circulación. La velocidad de ascenso debe ser cuidadosamente controlada para permitir tiempo para ocurra este proceso, y no permitir que la presión parcial de nitrógeno exceda la presión ambiente por una gran cantidad. Si el gradiente de presión es incontrolado, se pueden formar burbujas de gas nitrógeno en los tejidos y la sangre, causando enfermedad de descompresión. Mientras más presión parcial de nitrógeno en los tejidos excede a la presión ambiente durante el ascenso, más probablemente se formarán burbujas en los tejidos y en la sangre, causando enfermedad de descompresión.

Para reducir la posibilidad de enfermedad de descompresión, han sido desarrolladas cédulas de descompresión especiales para buceo con aire. Estas cédulas toman en consideración la cantidad de nitrógeno absorbido por el cuerpo a diferentes profundidades y tiempos. Otras consideraciones son la extensión a la cual la presión parcial de nitrógeno en los tejidos puede exceder a la presión ambiente sin formación excesiva de burbujas y las diferentes velocidades de eliminación de gas asociadas con los diferentes tejidos del cuerpo. Debido a su simplicidad operacional, se usa la descompresión en etapas para la descompresión con aire. La descompresión en etapas requiere paradas de descompresión en el agua a diferentes profundidades por periodos específicos de tiempo.

Años de estudio científico, cálculos, experimentación en animales y humanos, y una extensa experiencia de campo, han contribuido a las tablas de descompresión con aire. Mientras las tablas contienen la mejor información disponible, tienden a ser menos precisas conforme se incrementa la profundidad y el tiempo de buceo. Para asegurar la máxima seguridad del buzo, las tablas deben ser seguidas estrictamente. Las desviaciones en los procedimientos de descompresión establecidos no están permitidas, excepto en una emergencia y con la guía y recomendación de un Oficial Médico de Buceo (OMB) y con la aprobación del Comandante u Oficial a cargo.

9-3 DEFINICIONES DE LA DESCOMPRESIÓN CON AIRE

Los siguientes términos deben entenderse antes de utilizar las tablas de descompresión con aire.

- 9-3.1 Tiempo de Descenso.** El *tiempo de descenso* es el lapso de tiempo total desde que los buzos dejan la superficie hasta el momento en que alcanzan el fondo. El tiempo de descenso es redondeado al minuto completo próximo superior para propósitos de registro.
- 9-3.2 Tiempo de Fondo.** El *tiempo de fondo* es el lapso de tiempo total desde que los buzos dejan la superficie al momento que dejan el fondo. El tiempo de fondo es medido en minutos y es redondeado al minuto completo próximo superior.
- 9-3.3 Tiempo Total de Descompresión.** El *tiempo total de descompresión* es el lapso de tiempo total desde el momento que el buzo deja el fondo al momento que alcanza la superficie. Este tiempo frecuentemente también es llamado *tiempo total de ascenso*. Los dos términos son sinónimos y pueden utilizarse intercambiablemente.
- 9-3.4 Tiempo Total de Buceo.** El *tiempo total de buceo* es el lapso de tiempo total desde el momento que el buzo deja la superficie a el momento en que arriba de regreso a la superficie.
- 9-3.5 Mayor Profundidad.** La *mayor profundidad* es la mayor profundidad registrada en el profundímetro durante un buceo.
- 9-3.6 Profundidad Máxima.** *Profundidad máxima* es la mayor profundidad obtenida por el buzo después de la corrección de la lectura del profundímetro por error. Cuando se conducen operaciones SCUBA, el profundímetro del buzo es considerado libre de error. La profundidad máxima del buzo es la profundidad mayor de la lectura del profundímetro. Cuando se conducen operaciones de buceo con suministro desde superficie, utilizando un neumofatómetro (profundímetro neumático) para medir la profundidad, la profundidad máxima es la lectura a mayor profundidad en el profundímetro, más el factor de corrección del neumofatómetro ([Tabla 9-1](#)). La profundidad máxima es la profundidad utilizada para entrar en las tablas de descompresión.
- 9-3.7 Profundidad de Canastilla.** La *profundidad de canastilla* es la lectura en el profundímetro tomada cuando los buzos están en la canastilla justo antes de dejar el fondo. La profundidad de canastilla es utilizada para calcular la distancia y tiempo de viaje a la primera parada, o a la superficie si no se requieren paradas.
- 9-3.8 Tabla de Descompresión.** Una *tabla de descompresión* es un conjunto estructurado de cédulas de descompresión, o límites, usualmente organizado en orden del incremento de tiempos de fondo y profundidades.
- 9-3.9 Cédula de Descompresión.** Una *cédula de descompresión* es un procedimiento de descompresión específico para una combinación de profundidad y tiempo de fondo dados, listado en una tabla de descompresión. Está indicada normalmente como pies/minutos.

- 9-3.10** **Parada de Descompresión.** Una *parada de descompresión* es una profundidad especificada donde un buzo debe permanecer por un periodo de tiempo especificado (tiempo de parada) durante el ascenso.
- 9-3.11** **Límite de No-Descompresión (No “D”).** El tiempo máximo que un buzo puede pasar a una profundidad dada y aún así ascender directamente a la superficie a la velocidad de viaje prescrita sin tomar paradas de descompresión.
- 9-3.12** **Buceo de No-Descompresión.** Un buceo que no requiere que el buzo tome paradas de descompresión durante el ascenso a la superficie.
- 9-3.13** **Buceo con Descompresión.** Un buceo que requiere que el buzo tome paradas de descompresión durante el ascenso a la superficie.
- 9-3.14** **Intervalo en Superficie.** En el contexto de buceo repetitivo, el *intervalo en superficie* es el tiempo que un buzo permanece en la superficie entre buceos. Inicia tan pronto como el buzo sale a superficie y termina tan pronto como él inicia su próximo descenso. En el contexto de descompresión en superficie, el *intervalo en superficie* es el lapso de tiempo total desde cuando el buzo deja la parada en el agua a 40 pam al momento en que arriba a 50 pam en la cámara de recompresión.
- 9-3.15** **Nitrógeno Residual.** *Nitrógeno residual* es el exceso de gas nitrógeno que permanece disuelto en los tejidos de un buzo después de salir a superficie. Este exceso de nitrógeno es eliminado gradualmente durante el intervalo en superficie. Si es ejecutado un segundo buceo antes de que todo el nitrógeno residual haya sido eliminado, debe considerarse el nitrógeno residual en el cálculo de los requerimientos de descompresión del segundo buceo.
- 9-3.16** **Buceo Sencillo.** Un *buceo sencillo* es cualquier buceo realizado después de que todo el nitrógeno residual de los buceos previos haya sido eliminado de los tejidos.
- 9-3.17** **Buceo Repetitivo.** Un *buceo repetitivo* es cualquier buceo realizado mientras el buzo aún tiene algún nitrógeno residual de un buceo previo en sus tejidos.
- 9-3.18** **Designador de Grupo Repetitivo.** El *designador de grupo repetitivo* es una letra usada para indicar la cantidad de nitrógeno residual remanente en el cuerpo del buzo después de un buceo previo.
- 9-3.19** **Tiempo de Nitrógeno Residual.** *Tiempo de nitrógeno residual* es el tiempo que debe ser agregado al tiempo de fondo de un buceo repetitivo para compensar el nitrógeno que permanece en solución en los tejidos de un buzo desde un buceo previo. El tiempo de nitrógeno residual es expresado en minutos.
- 9-3.20** **Equivalente de Buceo Sencillo.** Un buceo repetitivo es convertido a su equivalente de buceo sencillo antes de entrar a las tablas de descompresión para determinar el requerimiento de descompresión. La profundidad del equivalente de buceo sencillo es igual a la profundidad del buceo repetitivo. El tiempo de fondo del equivalente de buceo sencillo es igual a la suma del tiempo de nitrógeno residual y el tiempo de fondo real del buceo repetitivo.
- 9-3.21** **Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo.** El *tiempo equivalente de buceo sencillo* es la suma del tiempo de nitrógeno residual y el tiempo de fondo de un buceo repetitivo. El tiempo equivalente de buceo sencillo es usado para seleccionar la cédula de descompresión para un buceo repetitivo. Este tiempo es expresado en minutos.
- 9-3.22** **Descompresión en superficie.** Descompresión en superficie es una técnica donde algunas de las paradas de descompresión en el agua son saltadas. Estas paradas son puestas

en orden comprimiendo al buzo de regreso a la profundidad en una cámara de recompresión en la superficie.

- 9-3.23 Buceo con Exposición Excepcional.** Un *buceo con exposición excepcional* es uno en donde el riesgo de enfermedad de descompresión, toxicidad por oxígeno, y/o la exposición a los elementos es sustancialmente más grande que en un buceo de trabajo normal. La planeación de buceos con exposición excepcional requiere la aprobación de CNO.

9-4 REPORTES Y REGISTROS DE BUCEO

El [Capítulo 5](#) proporciona la información para mantener una Bitácora de Buceo del Comando, la bitácora de buceo personal y los reportes individuales de los buceos para el Centro de Seguridad Naval. Además de estos registros, cada buceo de la Marina puede ser registrado en una hoja de reporte de buceo similar a la [Figura 9-1](#). La hoja de reporte de buceo es un medio conveniente de reunión de datos del buceo, los cuales en su momento serán transcritos en la bitácora de buceo. Las abreviaturas que pueden ser usadas en el reporte de buceo y Bitácora de Buceo del Comando son:

(N. de T. entre paréntesis en inglés)

- DS – Deja Superficie (LS)
- LLF – Llega al Fondo (RB)
- DF – Deja el Fondo (LB)
- LL – Llega a una parada de descompresión (R)
- D – Deja una parada de descompresión (L)
- LLS – Llega a Superficie (RS)
- TTF – Tiempo Total de Fondo (calculado desde que deja superficie hasta que deja el Fondo) (TBT)
- TTD – Tiempo Total de Descompresión (calculado desde que deja el fondo hasta que llega a superficie) (TDT)
- TTB – Tiempo Total del Buceo (Calculado desde que deja la superficie hasta llegar a superficie) (TTD).

La [Figura 9-2](#) ilustra estas abreviaturas en conjunto con un perfil de buceo.

Fecha:	Tipo de Buceo: AIRE HeO ₂				
Buzo 1:	Buzo 2:		Standby:		
Equipo: PSIG: %O ₂ :	Equipo: PSIG: %O ₂ :		Equipo: PSIG: %O ₂ :		
Supervisor:	Elaboró:		Mezcla de fondo:		
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO		
DS ó 20 pam			Tiempo de descenso (agua)		
LLF			Profundidad de canastilla (pam)		
DF			Profundidad Máxima (pam)		
LL 1 ^{er} Parada			Tiempo Total de Fondo		
190 pam			Tabla/Cédula		
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)		
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)		
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada		
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación		
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)		
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)		
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)		
110 pam			Intervalo en Superficie SurD Total		
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)		
90 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO		
80 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA	
70 pam					
60 pam					
50 pam					
40 pam			RETRASOS EN EL ASCENSO		
30 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA	
20 pam					
LLS					
LLF CÁMARA					
50 pam cámara			PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS		
40 pam cámara			AIRE	<input type="checkbox"/> Descompresión con Aire en el agua	
30 pam cámara				<input type="checkbox"/> Descompresión Aire/O ₂ en el agua	
LLS CÁMARA				<input type="checkbox"/> SurDO ₂	
TTD	TTB				
			HeO ₂	<input type="checkbox"/> Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua	
				<input type="checkbox"/> SurDO ₂	
GRUPO REPETITIVO:					
Observaciones:					

Figura 9-1. Reporte de Buceo.

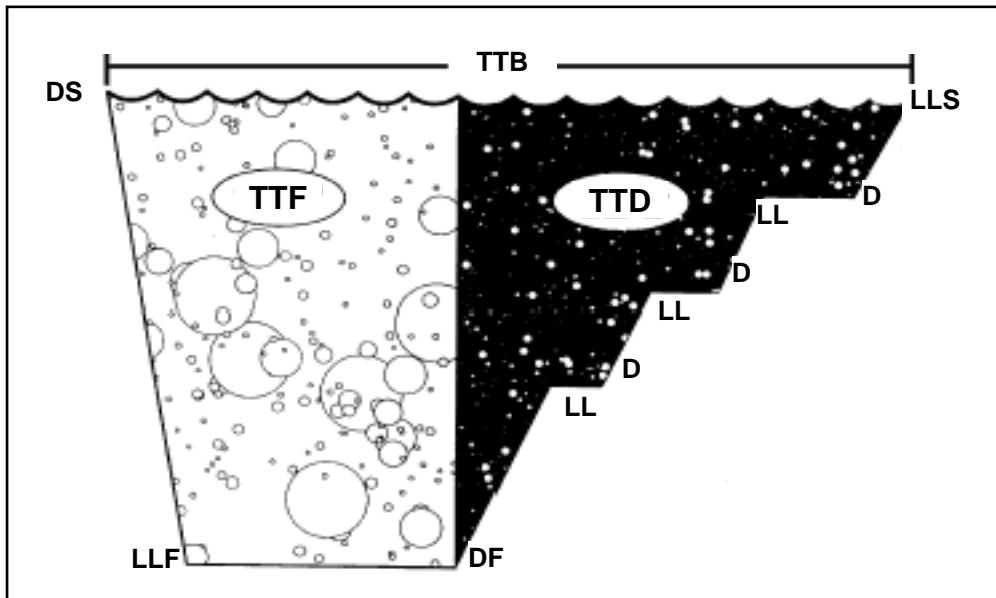


Figura 9-2. Vista Gráfica de un Buceo con Abreviaturas.

9-5 LAS TABLAS DE DESCOMPRESIÓN CON AIRE

Se requieren seis Tablas para desarrollar el espectro completo de los buceos con aire

- **Tabla de Límites de No-Descompresión y Designación de Grupo Repetitivo para Buceos con Aire de No-Descompresión.** Esta Tabla da los límites de no-descompresión y los designadores de grupo repetitivo para buceos que no requieren paradas de descompresión.
- **Tabla de Descompresión con Aire.** Esta Tabla da las cédulas de descompresión y designadores de grupo repetitivo para buceos que requieren paradas de descompresión.
- **Tabla de Tiempos de Nitrógeno Residual para Buceos Repetitivos con Aire.** Esta Tabla permite al buzo determinar su Tiempo de Nitrógeno Residual cuando realiza un buceo repetitivo.
- **Tabla de Profundidad Equivalente al Nivel del Mar.** Esta Tabla permite al buzo corregir las tablas de descompresión a nivel del mar para utilizarlas a altitud.
- **Tabla de Grupos Repetitivos Asociados con Ascenso Inicial a Altitud.** Esta Tabla permite al buzo ajustar su descompresión si él no está completamente equilibrado a altitud.
- **Intervalo en Superficie Requerido Antes de Ascender a Altitud Despues de Bucear.** Esta Tabla hace saber al buzo cuando es seguro para volar o ascender a gran altitud después de un buceo.

9-6 REGLAS GENERALES PARA EL USO DE LAS TABLAS DE DESCOMPRESIÓN CON AIRE

- 9-6.1 Selección de la Cédula de Descompresión.** Para seleccionar la cédula de descompresión apropiada, registre el tiempo de fondo y la máxima profundidad alcanzada por el buzo. Entre en la tabla en la profundidad exacta o próxima mayor y en el tiempo de fondo exacto o próximo mayor.

Cuando se utiliza un profundímetro neumático para medir la profundidad, primero corrija la lectura de la profundidad observada añadiendo el factor de corrección del neumo-profundímetro, mostrado en la [Tabla 9-1](#). Asegúrese que el profundímetro esté localizado a nivel de la mitad del pecho.

Tabla 9-1. Factores de Corrección del Profundímetro Neumático.

Profundidad en el Profundímetro Neumático	Factor de Corrección
0-100 pam	+ 1 pam
101-200 pam	+ 2 pam
201-300 pam	+ 4 pam
301-400 pam	+ 7 pam

Ejemplo: La lectura del neumo-profundímetro del buzo es 145 pam. En el rango de profundidad de 101-200 pam, el neumo-profundímetro subestima la profundidad real del buzo por 2 pam. Para determinar la profundidad real del buzo, añada 2 pam a la lectura del neumo-profundímetro. La profundidad real del buzo es 147 pam.

- 9-6.2** **Velocidad de Descenso.** La velocidad de descenso en los buceos con aire no es crítica, pero en general no debe exceder de 75 pam/min.
- 9-6.3** **Velocidad de Ascenso.** La velocidad de ascenso desde el fondo a la primera parada de descompresión, entre paradas de descompresión, y desde la última parada de descompresión a la superficie es a 30 pam/min (20 segundos por 10 pam). Son aceptables variaciones menores en la velocidad de ascenso entre 20 y 40 pam/min. Para descompresión en superficie, la velocidad de ascenso desde la parada en el agua a 40 pam a la superficie es de 40 pam/min.
- 9-6.4** **Tiempo de Parada de Descompresión.** Para descompresión con aire en el agua, el tiempo a la primera parada de descompresión inicia cuando el buzo llega a la parada y finaliza cuando deja la parada. Para todas las paradas subsecuentes, el tiempo de parada inicia cuando el buzo deja la parada previa y finaliza cuando deja la parada. En otras palabras, el tiempo de ascenso entre paradas es incluido en el tiempo de parada subsecuente. La misma regla aplica para descompresión con aire/oxígeno en el agua, con la excepción de la primera parada con oxígeno. El tiempo a la primera parada con oxígeno inicia cuando todos los buzos están confirmados con oxígeno, y finaliza cuando los buzos dejan la parada.
- 9-6.5** **Última Parada en el Agua.** La última parada en el agua para todas las descompresiones en el agua 20 pam.
- 9-6.6** **Elegibilidad para Descompresión en Superficie.** Un buzo es elegible para descompresión en superficie una vez que completa la parada en el agua a 40 pam. Si la cédula de descompresión no requiere una parada a 40 pam, el buzo puede ascender directamente a la superficie sin paradas de descompresión e iniciar la descompresión en superficie.

9-7 TABLA DE LÍMITES DE NO-DESCOMPRESIÓN Y DESIGNACIÓN DE GRUPO REPETITIVO PARA BUCEOS CON AIRE DE NO-DESCOMPRESIÓN

La Tabla de No-Descompresión ([Tabla 9-7](#)) da el tiempo máximo que se puede pasar a una profundidad dada sin necesidad de paradas de descompresión durante el ascenso subsecuente a la superficie. Esta tabla es algunas veces llamada la tabla “sin-paradas”. En profundidades de 20 pam y menores, no hay límite en la cantidad de tiempo que se puede pasar a profundidad. A mayor profundidad que 20 pam, el tiempo que se puede pasar está limitado.

Por ejemplo, a 60 pam, cualquier buceo más largo que 60 minutos requerirá paradas de descompresión.

La Tabla de Límites de No-Descompresión también proporciona los designadores de grupo repetitivo para cada buceo que caiga dentro de los límites de no-descompresión. Aun cuando no son requeridas paradas de descompresión durante el ascenso, el buzo sale a superficie con algún nitrógeno residual en sus tejidos. Este nitrógeno residual necesita ser tomado en cuenta por si es planeado un buceo repetitivo.

Si un buzo excede los límites dados en la Tabla de No-Descompresión, entonces el requerimiento de paradas de descompresión debe calcularse utilizando la [Tabla 9-9](#).

Para cada profundidad listada en la Tabla de No-Descompresión, el límite de no-descompresión correspondiente está indicado en la segunda columna. Este límite es el máximo tiempo de fondo que un buzo puede permanecer a esa profundidad y aún así regresar a la superficie sin tomar paradas de descompresión. Para encontrar el límite de no-descompresión, entre en la tabla en la profundidad igual a o la próxima mayor que la profundidad máxima del buceo. Siga la fila a la segunda columna para obtener el límite de no descompresión.

Las columnas a la derecha de la columna de límite de no-descompresión contienen los designadores de grupo repetitivo para buceos con tiempos de fondo igual a o más cortos que el límite de no descompresión. Un designador de grupo repetitivo es asignado a un buzo subsecuente a cada buceo, aún un buceo de no-descompresión.

Para encontrar el designador de grupo repetitivo después de un buceo de no-descompresión:

1. Entre a la tabla en la profundidad igual a, o próxima mayor que la profundidad máxima del buceo.
2. Siga la fila a la derecha por el tiempo de fondo igual a o próximo superior que el tiempo de fondo real del buceo.
3. Siga la columna hacia arriba para obtener el designador del grupo repetitivo.

Ejemplo. Los buzos realizan una breve inspección del sitio de trabajo, localizado a una profundidad de 74 pam. El tiempo de fondo es de 10 min. ¿Cuál es el límite de no-descompresión para un buceo a 74 pam? ¿Cuál es el designador de grupo repetitivo después de este buceo de 10 minutos?

Entre en la Tabla de No-Descompresión en la profundidad próxima mayor, 80 pam. Siga la fila horizontalmente a la segunda columna. El límite de no-descompresión a 80 pam es de 39 min. Los buzos podrían permanecer hasta 39 min a esta profundidad y aún así ascender a la superficie sin paradas de descompresión. Continúe leyendo horizontalmente a la derecha del tiempo de fondo que es la próxima mayor que el tiempo de fondo real. Este es 12 min. Lea verticalmente hacia arriba en la columna para obtener el designador de grupo repetitivo para este buceo de 10 min. El designador de grupo repetitivo es C. Si los buzos han pasado el total de los 39 min permitidos a 74 pam, el designador de grupo repetitivo podría haber sido J. Este buceo se ilustra en la [Figura 9-3](#).

- 9-7.1** **Tabla de No-Descompresión en Aguas Poco Profundas Opcional.** El [Apéndice 2A](#) contiene una versión expandida de la [Tabla 9-7](#) y de la [Tabla 9-8](#) cubriendo el rango de profundidad de 30-50 pam en incrementos de 1 pie. En este rango de profundidad, un pequeño cambio en la profundidad máxima del buzo puede hacer una diferencia sustancial en el tiempo de descompresión permisible. Por ejemplo, a 35 pam el límite de no-descompresión es 232 minutos; a 40 pam son solo 163 minutos, más de una hora menos. Cuando la

profundidad máxima del buzo es conocida exactamente al inicio del buceo, por ejemplo en buceos en tanques de lastre, o cuando está disponible el registro continuo de la profundidad, por ejemplo con una computadora de descompresión, la tabla expandida puede utilizarse para maximizar el tiempo de no-descompresión. Estas tablas opcionales son más adecuadas para buceo de mantenimiento, pero también pueden utilizarse en otras aplicaciones de buceo con aire a poca profundidad.

9-8 LA TABLA DE DESCOMPRESIÓN CON AIRE

La Tabla de Descompresión con Aire, [Tabla 9-9](#), combina tres modos de descompresión en una tabla. Estos modos son: (1) descompresión con aire en el agua, (2) descompresión con aire y oxígeno en el agua, y (3) descompresión en superficie con oxígeno.

9-8.1

Descompresión con Aire en el Agua. Este modo de descompresión es utilizado cuando la descompresión completa será realizada con aire. La fila superior marcada “Aire” bajo cada entrada de profundidad/tiempo de fondo da la cédula de descompresión para la descompresión con aire en el agua. Entre a la tabla en la profundidad que es exactamente igual a o próxima más profunda que la profundidad máxima del buzo. Seleccione la cédula para el tiempo de fondo que es exactamente igual a o próximo mayor que el tiempo de fondo real del buzo. Lea a través de la fila para obtener los tiempos de parada de descompresión requeridos. La última parada de descompresión es tomada a 20 pam. El tiempo total de ascenso está dado en la siguiente columna. El designador de grupo repetitivo, una vez saliendo a superficie, está dado en la última columna.

Ejemplo: Un buzo hace un buceo con aire suministrado desde superficie a 78 pam por 47 minutos. ¿Cuál es la descompresión requerida?

Entre en la Tabla de Descompresión con Aire en la profundidad próxima más profunda, 80 pam, y el tiempo de fondo próximo mayor, 50 min. Lea a través de la fila marcada “Aire”. Es requerida una parada de descompresión de 17 min a 20 pam. El buzo asciende desde 78 a 20 pam a 30 pam/min, pasando 17 min a 20 pam, entonces asciende a la superficie a 30 pam/min.

El designador de grupo repetitivo para este buceo es “M”. Este buceo se ilustra en la [Figura 9-4](#).

Si el tiempo de fondo de un buceo es menor que el primer tiempo de fondo listado para esta profundidad en la Tabla de Descompresión con Aire, no son requeridas paradas de descompresión. Los buzos pueden ascender directamente a la superficie a 30 pam/min. Refiérase a la Tabla de No-Descompresión, [Tabla 9-7](#), para obtener la designación de grupo repetitivo para un buceo de no-descompresión.

Si la Tabla de Descompresión con Aire no enumera un designador de grupo repetitivo para un buceo, no están permitidos buceos repetitivos más profundos que 20 pam después de este buceo. El buzo debe tener un intervalo en superficie de 18 horas antes de hacer otro buceo a mayor profundidad que 20 pam.

9-8.2

Descompresión con Aire y Oxígeno en el Agua. Este modo de descompresión es utilizado cuando la descompresión será realizada parcialmente con aire y parcialmente con oxígeno 100%. La fila inferior marcada “Aire/O₂” bajo cada entrada de profundidad/tiempo de fondo en la [Tabla 9-9](#) da la cédula de descompresión para la descompresión con aire/oxígeno en el agua. Entre a la tabla en la profundidad que es exactamente igual a o próxima más profunda que la profundidad máxima del buzo.

1313				
Fecha: 4 Sept. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂	
Buzo 1: ND1 Hooper	Buzo 2: ND1 Patterson	Standby: ND2 Webb		
Equipo: MK 21 PSIG: 3000 %O ₂ :	Equipo: MK 21 PSIG: 3000 %O ₂ :	Equipo: MK 21 PSIG: 3000 %O ₂ :		
Supervisor: NDC Degitz	Elaboró: NDC Palmer	Mezcla de fondo:		
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.
DS ó 20 pam		1300	Tiempo de descenso (agua)	:01
LLF		1301	Profundidad de canastilla (pam)	73
DF		1310	Profundidad Máxima (pam)	73+1=74
LL 1 ^{er} Parada			Tiempo Total de Fondo	:10
190 pam			Tabla/Cédula	80/12 No D
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:02::30
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:02::26
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	::04
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación	
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)	
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)	
110 pam			Intervalo en Superficie SurD Total	
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)	
90 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO	
80 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
70 pam				
60 pam				
50 pam				
40 pam			RETRASOS EN EL ASCENSO	
30 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
20 pam				
LLS	1313			
LLF CÁMARA			PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS	
50 pam cámara			AIRE	Descompresión con Aire en el agua
40 pam cámara				Descompresión Aire/O ₂ en el agua
30 pam cámara				SurDO ₂
LLS CÁMARA			HeO ₂	Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua
TTD	TTB			SurDO ₂
:02::30	:13			GRUPO REPETITIVO:
Observaciones:				

Figura 9-3. Reporte de Buceo con Aire Completado: Buceo de No-Descompresión.

1007				
Fecha: 4 Sept. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂	
Buzo 1: ND1 Hedrick	Buzo 2: HM2 Tyau	Standby: ND2 Parsons		
Equipo: MK 21 PSIG: 3000 %O ₂ :	Equipo: MK 21 PSIG: 3000 %O ₂ :	Equipo: MK 21 PSIG: 3000 %O ₂ :		
Supervisor: NDCM Wiggins	Elaboró: NDC Kriese	Mezcla de fondo:		
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.
DS ó 20 pam		0900	Tiempo de descenso (agua)	:02
LLF		0902	Profundidad de canastilla (pam)	77
DF		0947	Profundidad Máxima (pam)	77+1=78
LL 1 ^{er} Parada		0949	Tiempo Total de Fondo	:47
190 pam			Tabla/Cédula	80/50
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:01::58
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:01::54
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	::04
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación	
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	::45
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)	
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)	
110 pam			Intervalo en Superficie SurD Total	
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)	
90 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO	
80 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
70 pam				
60 pam				
50 pam				
40 pam			RETRASOS EN EL ASCENSO	
30 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
20 pam	:17	1006		
LLS		1007		
LLF CÁMARA				
50 pam cámara			PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS	
40 pam cámara			AIRE	✓ Descompresión con Aire en el agua
30 pam cámara				Descompresión Aire/O ₂ en el agua
LLS CÁMARA				SurDO ₂
TTD	TTB		HeO ₂	✓ Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua
:20	1:07			SurDO ₂
				GRUPO REPETITIVO: M
Observaciones:				

Figura 9-4. Reporte de Buceo con Aire Completado: Descompresión con Aire en el Agua.

Seleccione la cédula para el tiempo de fondo que es exactamente igual a o próximo mayor que el tiempo de fondo real del buzo. Lea a través de la fila Aire/O₂ para obtener los tiempos de parada de descompresión requeridos. El buzo siguen la cédula de aire a 30 pam (o 20 pam si no hay parada a 30 pam), entonces cambia de aire a oxígeno 100%. Los tiempos de parada con oxígeno se muestran en negritas. El tiempo de parada con oxígeno inicia cuando todos los buzos están confirmados con oxígeno. Si deben pasar más de 30 minutos con oxígeno, se requiere un rompimiento con aire cada 30 minutos. Una vez completado el tiempo de parada con oxígeno a 20 pam, el buzo sale a superficie a 30 pam/min mientras continua respirando oxígeno 100%. El tiempo total de ascenso, incluyendo los rompimientos con aire, está dado en la siguiente columna. El designador del grupo repetitivo, una vez saliendo a superficie, está dado en la última columna y es el mismo que el designador de grupo repetitivo para un buceo con descompresión con aire.

Todas las paradas de descompresión más profundas que 30 pam se hacen con aire. Las paradas de descompresión con Oxígeno empiezan a 20 ó 30 pam de acuerdo con la [Tabla 9-9](#). Las paradas con oxígeno están en negritas en la [Tabla 9-9](#).

Los sistemas de buceo con aire suministrado desde superficie de la USN actuales (FADS III, LWDS, DSM, etc.) requieren el uso de un Ensamble de Consola Reguladora de Oxígeno (ORCA), para entregar oxígeno al buzo en el agua. El Sistema de Buceo con Mezcla de Gas Transportado por Aire (FMGS), que puede ser utilizado para realizar buceos con aire tanto como para buceos con mezcla de gases, es capaz de proporcionar oxígeno al buzo sin la adición de un ORCA.

9-8.2.1

Procedimientos para Cambiar a Oxígeno 100% a 30 ó 20 pam. Una vez que se llega a la primera parada con oxígeno, ventile cada buzo con oxígeno siguiendo estos pasos:

1. Ponga en línea el ORCA o FMGS para suministrar oxígeno 100% al buzo.
2. Ventile cada buzo por 20 segundos. Los buzos pueden ventilarse simultáneamente o subsecuentemente.
3. Verifique que el dispositivo de monitoreo de oxígeno en el ORCA o FMGS, si hay uno presente, muestre que está siendo entregado al buzo oxígeno 100%.

El Reporte de Buceo con Aire tiene un espacio para introducir el tiempo “Viaje/Cambio/Ventilación”. Para buceos en los cuales la primera parada es a 40 pam o más profundo, el tiempo de viaje/cambio/ventilando incluye los 20 segundos de ascenso desde 40 a 30 pam tanto como el tiempo requerido para cambiar la consola a oxígeno, ventilar los buzos, y confirmar que los buzos están con oxígeno. Para buceos en los cuales la primera parada es una parada con oxígeno a 30 ó 20 pam, el tiempo de viaje/cambio/ventilación solo incluye el tiempo requerido para cambiar la consola, ventilar los buzos, y confirmar que están con oxígeno. El tiempo de viaje a la primera parada no está incluido. El tiempo de viaje/cambio/ventilación es registrado en minutos y segundos. El tiempo de viaje/cambio/ventilación debe ser por debajo de 3 minutos.

9-8.2.2

Rompimientos con Aire a 30 y 20 pam. En las paradas en el agua a 30 y 20 pam, el buzo respira oxígeno por periodos de 30 min separados por 5 min de rompimiento con aire. Los rompimientos con aire no cuentan para el tiempo de descompresión requerido. Cuando se requiere un rompimiento con aire, cambie el ORCA o FMGS a aire por 5 minutos, entonces regrese a oxígeno 100%. No es requerida la ventilación de los buzos. Para propósitos de cronometrar los rompimientos con aire, empiece el tiempo de conteo de oxígeno cuando todos los buzos están confirmados con oxígeno. Si el tiempo total de la parada con oxígeno es 35 minutos o menos, no es requerido un rompimiento con aire a los 30 minutos. Si el periodo final con oxígeno es de 35 minutos o menos, no es requerido un

rompimiento con aire final a los 30 minutos. En cualquier caso, saque al buzo a superficie con oxígeno 100% una vez completado el tiempo con oxígeno.

Ejemplo: Un buzo hace un buceo con aire suministrado desde superficie a 145 pam por 39 min. ¿Cuál es la descompresión requerida con aire y oxígeno?

1. Entre a la Tabla de Descompresión con Aire en la profundidad próxima más profunda, 150 pam, y el tiempo de fondo próximo mayor, 40 min.
2. Lea a través de la fila marcada “Aire/O₂”. Es requerida una parada de descompresión con aire de 4 min a 40 pam.
3. El buzo asciende desde 145 pam a 40 pam a 30 pam/min, pasando 4 min con aire a 40 pam, y entonces asciende a 30 pam a 30 pam/min.
4. Una vez llegando a 30 pam, el buzo cambia a oxígeno 100%. El buzo pasa un total de 9 min a 30 pam después del cambio a oxígeno.
5. El buzo asciende con oxígeno a 20 pam y pasa un total de 34 minutos con oxígeno a 20 pam. Los 20 segundos de tiempo de ascenso desde 30 a 20 pam están incluidos en los 34 min de tiempo de parada. Se requiere un rompimiento con aire a los 21 minutos dentro de la parada a 20 pam. El buzo toma el rompimiento con aire y entonces completa los 13 minutos restantes de oxígeno requerido a 20 pam.
6. Una vez completado el tiempo de la parada a 20 pam, el buzo asciende a la superficie con oxígeno al 100% a 30 pam/min. El tiempo total de ascenso, incluyendo los rompimientos de aire es de 56 minutos 40 segundos, no contando el tiempo requerido para cambiar a los buzos con oxígeno a 30 pam. El designador de grupo repetitivo para este buceo es “Z”.

Este buceo se ilustra en la [Figura 9-5](#).

9-8.3

Descompresión en Superficie con Oxígeno (SurDO₂). La descompresión en superficie es una técnica para cumplir completamente toda o una parte de una obligación de descompresión del buzo en una cámara de recompresión en lugar de en el agua. La descompresión en superficie reduce el tiempo que un buzo debe pasar en el agua. La descompresión en superficie ofrece muchas ventajas que incrementa la seguridad del buzo. Acorta el tiempo de exposición en el agua, cuidando a los buzos desde el enfriamiento hasta un nivel peligroso cuando se bucea en agua fría. Dentro de la cámara de recompresión, los buzos pueden estar mantenidos a una presión constante, inafectados por las condiciones del mar en superficie. Una vez que los buzos han sido recobrados dentro de la cámara de recompresión, un segundo equipo de buceo puede iniciar el descenso, siempre que la cámara de recompresión y el sistema de buceo con suministro desde superficie tenga suministros de aire separados. Esto agiliza grandemente las operaciones.

Para descomprimir al buzo utilizando la Descompresión en Superficie con Oxígeno, siga la cédula de descompresión con aire en el agua (fila superior) hasta el final de la parada en el agua a 40 pam, entonces inicie la descompresión en superficie siguiendo las reglas dadas más adelante. Si no hay parada en el agua a 40 pam en la cédula con aire, saque al buzo a superficie sin tomar ninguna parada. En cualquier caso, empiece la toma de tiempo del intervalo en superficie cuando el buzo deja los 40 pam. El tiempo requerido con oxígeno en la cámara de recompresión se muestra en la columna próxima a la última de la Tabla. El tiempo con Oxígeno está dividido en períodos. Cada periodo es de 30 minutos; cada medio periodo es de 15 minutos. Los primeros 15 minutos son siempre a 50 pam en la cámara; el tiempo de oxígeno restante es tomado a 40 pam.

1138				
Fecha: 5 Sept. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂	
Buzo 1: ND1 Poulan	Buzo 2: HM2 Montgomery	Standby: NDC Miller		
Equipo: KM 37 PSIG: 2900 %O ₂ :	Equipo: KM 37 PSIG: 2900 %O ₂ :	Equipo: KM 37 PSIG: 2900 %O ₂ :		
Supervisor: NDCM Westling	Elaboró: ND1 Slappy	Mezcla de fondo:		
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.
DS ó 20 pam		1000	Tiempo de descenso (agua)	:02
LLF		1002	Profundidad de canastilla (pam)	143
DF		1039	Profundidad Máxima (pam)	143+2=145
LL 1 ^{er} Parada		1043	Tiempo Total de Fondo	:39
190 pam			Tabla/Cédula	150/40
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:03::30
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:03::26
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	::04
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación	:02
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	::40
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)	
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)	
110 pam			Intervalo en Superficie SurD Total	
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)	
90 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO	
80 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
70 pam				
60 pam				
50 pam				
40 pam	:04 (Aire)	1047	RETRASOS EN EL ASCENSO	
30 pam	:02+:09 (O ₂)	1058	PROFUNDIDAD	PROBLEMA
20 pam	:21+:05+:13 (O ₂)	1137		
LLS		1138		
LLF CÁMARA			PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS	
50 pam cámara			AIRE	Descompresión con Aire en el agua
40 pam cámara				✓ Descompresión Aire/O ₂ en el agua
30 pam cámara				SurDO ₂
LLS CÁMARA			HeO ₂	Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua
TTD	TTB			SurDO ₂
:59	1:38			GRUPO REPETITIVO: Z
Observaciones:				

Figura 9-5. Reporte de Buceo con Aire Completado: Descompresión con Aire y Oxígeno en el Agua.

Si la cédula requiere solamente un medio periodo de oxígeno, el buzo pasa 15 minutos respirando oxígeno a 50 pam en la cámara, entonces sale a superficie a 30 pam/min. El designador de grupo repetitivo para un buceo con descompresión en superficie se muestra en la última columna de la Tabla, y es la misma que el designador de grupo repetitivo para un buceo de descompresión con aire.

9-8.3.1

Procedimiento de Descompresión en Superficie con Oxígeno

1. Complete cualquier parada de descompresión requerida con aire a 40 pam y más profundo.
2. Una vez completada la parada a 40 pam, traiga al buzo a la superficie a 40 pam/min. Si no es requerida una parada en el agua a 40 pam, traiga al buzo desde el fondo a 40 pam a 30 pam/min y entonces desde 40 pam a la superficie a 40 pam/min. Una vez que el buzo está en la superficie, los tenders tienen aproximadamente 3 y medio minutos para remover el aparato de respiración, el traje de buceo y asistir al buzo a entrar en la cámara de recompresión
3. Coloque al buzo y aun tender en la cámara de recompresión. El trabajo del tender es monitorear al buzo estrechamente por signos de enfermedad de descompresión y toxicidad por oxígeno del SNC durante la recompresión subsecuente. Cuando dos buzos están en descompresión en superficie simultáneamente, el supervisor de buceo puede elegir no utilizar un tender interno. En este caso, ambos buzos se monitorearán cuidadosamente uno a otro, además de estar siendo observados por el personal de superficie.
4. Comprima al buzo con aire a 50 pam a la máxima velocidad de compresión que es 100 pam/min. El intervalo en superficie es el lapso de tiempo desde el momento en que el buzo deja la parada a 40 pam en el agua hasta el momento en que llega a 50 pam en la cámara. Un intervalo en superficie normal no debe exceder 5 minutos.

ADVERTENCIA

El intervalo desde que deja 40 pam en el agua a llegar a 50 pam en la cámara no puede exceder 5 minutos sin incurrir en una penalización. (Ver el párrafo 9-12.6).

5. Una vez llegando a 50 pam, coloque al buzo con oxígeno 100% por mascarilla. Instruya al buzo de fijar la mascarilla con las correas apretadamente para asegurar un buen sello del oxígeno.
6. En la cámara, tenga al buzo respirando oxígeno por el número de periodos de 30 minutos y medios periodos de 15 minutos indicados en la columna próxima a la última de la Tabla de Descompresión con Aire. El primer periodo consiste de 15 minutos con oxígeno a 50 pam seguido de 15 minutos con oxígeno a 40 pam. Los periodos 2-4 son pasados en 40 pam. Si se requieren más de 4 periodos, los periodos restantes son pasados en 30 pam. El ascenso desde 50 pam a 40 pam y desde 40 pam a 30 pam es a 30 pam/min. El tiempo de ascenso desde 50 a 40 pam está incluido en el primer periodo de oxígeno. El ascenso desde 40 a 30 pam, si es requerido, debe tomar lugar durante un rompimiento con aire.
7. Interrumpa la respiración con oxígeno con un rompimiento con aire después de cada 30 minutos con oxígeno. Este tiempo con aire es considerado tiempo muerto. Los tiempos con oxígeno inician cuando el buzo es confirmado que está con oxígeno a 50 pam.
8. Cuando el último periodo con oxígeno ha sido completado, regrese al buzo a respirar aire de la cámara.

9. Ascienda a la superficie a 30 pam/min.

Ejemplo: Un buzo hace un buceo con aire suministrado desde superficie a una profundidad máxima de 118 pam por 65 minutos. La intención es descomprimir al buzo utilizando el modo de descompresión en superficie con oxígeno. ¿Cuál es la descompresión apropiada?

1. Entre en la Tabla de Descompresión con Aire en la profundidad próxima más profunda, 120 pam, y en el tiempo de fondo próximo mayor, 70 min.
2. Lea a través de la fila marcada "Aire". Se requiere una parada de descompresión con aire de 12 min a 40 pies. Continúe leyendo a través de la fila a la columna marcada "Periodos de O₂ en Cámara". Se requieren 2 y medio periodos de oxígeno en cámara.
3. El buzo asciende desde 118 a 40 pam a 30 pam/min. Pasando 12 minutos con aire a 40 pam, y entonces asciende a la superficie a 40 pam/min. Salir a superficie toma 1 minuto.
4. Una vez saliendo a superficie el buzo es desvestido tan rápido como sea posible, colocado en la cámara de recompresión, y recomprimido con aire a 50 pam. El tiempo total desde que deja 40 pam en el agua hasta llegar a 50 pam en la cámara normalmente no debe exceder 5 minutos.
5. Una vez que llega a 50 pam, el buzo va con oxígeno 100% por mascarilla y respira oxígeno por 15 minutos. El tiempo con oxígeno inicia cuando el buzo está con la mascarilla de oxígeno.
6. Después de 15 minutos con oxígeno en 50 pam, el buzo asciende a 40 pam a 30 pam/min mientras continúa respirando oxígeno desde la mascarilla. El ascenso a 40 pam toma 20 segundos. El buzo continúa respirando oxígeno en 40 pam por un tiempo adicional de 14 min y 40 segundos. Esto finaliza el primer periodo de 30 min con oxígeno y el buzo toma un rompimiento con aire de 5 min.
7. Una vez completado el rompimiento con aire, el buzo reinicia la respiración con oxígeno por la mascarilla por otro periodo de 30 minutos. Esto finaliza el segundo periodo de 30 min con oxígeno y el buzo toma un segundo rompimiento con aire.
8. Una vez completado el segundo rompimiento con aire, el buzo reinicia la respiración con oxígeno por 15 minutos, el restante medio periodo con oxígeno requerido.
9. Una vez completado este último medio periodo con oxígeno, el buzo se quita la mascarilla de oxígeno y respira aire de la cámara. El buzo es traído a la superficie a 30 pam/min mientras respira aire.
10. No se muestra designador de grupo repetitivo para este buceo. El buzo debe esperar 18 horas antes de hacer otro buceo.

Este buceo se ilustra en la [Figura 9-6](#).

9-8.3.2 Descompresión en Superficie desde 30 y 20 pam

El supervisor de buceo puede iniciar la descompresión en superficie en cualquier punto durante la descompresión en el agua a 30 y 20 pam, si lo desea. La descompresión en superficie puede ser deseable si las condiciones del mar se están deteriorando, si los buzos se sienten mal, o surge cualquier otra contingencia. La descompresión en superficie puede iniciarse sin importar si los buzos están en descompresión con aire o con oxígeno.

1252								
Fecha: 5 Sept. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂					
Buzo 1: ND1 Chaisson	Buzo 2: ND2 Hutcheson	Standby: ND1 Collins						
Equipo: KM 37 PSIG: 2900 %O ₂ :	Equipo: KM 37 PSIG: 2900 %O ₂ :	Equipo: KM 37 PSIG: 2900 %O ₂ :						
Supervisor: NDCM Orns	Elaboró: ND1 Saurez	Mezcla de fondo:						
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.				
DS ó 20 pam		1000	Tiempo de descenso (agua)	:02				
LLF		1002	Profundidad de canastilla (pam)	116				
DF		1105	Profundidad Máxima (pam)	116+2=118				
LL 1 ^{er} Parada		1108	Tiempo Total de Fondo	:65				
190 pam			Tabla/Cédula	120/70				
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:02::32				
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:02::32				
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada					
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación					
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	:01				
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)	:03::20				
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)	::40				
110 pam			Intervalo en Superficie SurD Total	:05				
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)	:01::20				
90 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO					
80 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA				
70 pam								
60 pam								
50 pam								
40 pam	:12 (Aire)	1120	RETRASOS EN EL ASCENSO					
30 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA				
20 pam								
LLS		1121						
LLF CÁMARA		1125						
50 pam cámara	:15	1140	PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS					
40 pam cámara	:15+:5+:30+:5+:15	1250	AIRE	Descompresión con Aire en el agua				
30 pam cámara				Descompresión Aire/O ₂ en el agua				
LLS CÁMARA		1252		✓ SurDO ₂				
TTD	TTB							
1:47	2:52		HeO ₂	Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua				
				SurDO ₂				
GRUPO REPETITIVO: No repetir, debe esperar 18 hrs.								
Observaciones:								

Figura 9-6. Reporte de Buceo con Aire Completado: Descompresión en Superficie con Oxígeno.

El supervisor de buceo puede elegir prescribir el número total de periodos de oxígeno en la cámara listados en la cédula de descompresión en superficie o elegir reducir el número de periodos tomando crédito por el tiempo ya pasado con aire u oxígeno en el agua.

1. Si se elige descompresión en superficie antes de que los buzos hayan cambiado a oxígeno, tome el número total de periodos de oxígeno en la cámara prescritos por la tabla.
2. Si se elige descompresión en superficie después de que los buzos han cambiado a oxígeno, calcule el número requerido de periodos con oxígeno en la cámara multiplicando el tiempo de oxígeno restante de las paradas por 1.1, dividiendo el total por 30 minutos, entonces redondeando el resultado al próximo medio periodo más alto. Un medio periodo (15 minutos a 50 pam) es el requerimiento mínimo

Ejemplo: El supervisor elige descompresión en superficie cuando el buzo tiene un tiempo de oxígeno remanente de 5 minutos a 30 pam y 33 minutos a 20 pam. El tiempo total de oxígeno remanente es de 38 minutos. El número de periodos requeridos de 30 min SurDO₂ es $(1.1 \times 38) / 30 = 1.39$. Este número es redondeado a 1.5.

3. Si la descompresión en superficie es elegida cuando los buzos están en descompresión con aire, primero convierta el tiempo de aire remanente de las paradas a tiempo equivalente de oxígeno remanente de las paradas, entonces convierta este tiempo de oxígeno remanente al número requerido de periodos de oxígeno en la cámara como se muestra abajo.
 - Para un buzo a 30 pam: Primero calcule la *proporción de intercambio aire/oxígeno* a 30 pam dividiendo el tiempo de la parada con aire a 30 pam de la tabla por el tiempo de oxígeno a 30 pam. Después, divida el tiempo de aire remanente a 30 pam por la proporción de intercambio aire/oxígeno, para determinar el tiempo equivalente de oxígeno a 30 pam. Añada el tiempo de oxígeno mostrado en la tabla a 20 pam al tiempo equivalente de oxígeno remanente a 30 pam para obtener tiempo total de oxígeno remanente. Calcule el número de periodos requeridos de oxígeno en la cámara multiplicando el tiempo de oxígeno remanente de las paradas por 1.1, dividiendo el total por 30 minutos, entonces redondeando el resultado al próximo medio periodo más alto. Un medio periodo (15 minutos a 50 pam) es el requerimiento mínimo.
 - Para un buzo a 20 pam: Calcule la proporción de intercambio aire/oxígeno a 20 pam dividiendo el tiempo de la parada con aire a 20 pam listado en la tabla por el tiempo de oxígeno a 20 pam. Divida el tiempo de aire remanente a 20 pam por la proporción de intercambio aire/oxígeno para obtener el equivalente de tiempo de oxígeno remanente. Calcule el número de periodos requeridos de oxígeno en la cámara multiplicando el tiempo de oxígeno remanente de las paradas por 1.1, dividiendo el total por 30 minutos, entonces redondeando el resultado al próximo medio periodo más alto. Un medio periodo (15 minutos a 50 pam) es el requerimiento mínimo.

Ejemplo: Un buzo está en descompresión con una cédula que indica una sola parada de 50 min con aire a 20 pam. El tiempo de parada con oxígeno a 20 pam correspondiente es de 27 min. Después de 20 minutos con aire a 20 pam, el supervisor de buceo elige descomprimir al buzo en superficie. La proporción de intercambio aire/oxígeno a 20 pam es $50/27 = 1.85$, es decir, cada 1.85 minutos con aire a 20 pam es el equivalente de 1 minuto con oxígeno a 20 pam. El tiempo remanente con aire a 20 pam es $50-20 = 30$ minutos. El tiempo equivalente de oxígeno remanente a 20 pam es $30/1.85 = 16.2$ minutos. Este tiempo de oxígeno remanente es redondeado al minuto próximo completo, 17 minutos. El número de periodos requeridos de 30 min SurDO₂ es $(1.1 \times 17) / 30 = 0.62$. Este número es redondeado a 1.0.

9-8.4 Selección del Modo de Descompresión

La [Figura 9-7](#) proporciona las guías para seleccionar el mejor modo de descompresión para un buceo dado.

La descompresión con aire en el agua es el modo más conveniente para buceos que no requieren más de 15 min de parada de descompresión total. La mayoría de los buceos caen en esta categoría. La descompresión con aire en el agua evita la carga logística adicional de traer un ORCA y/o una cámara de recompresión a la estación de buceo.

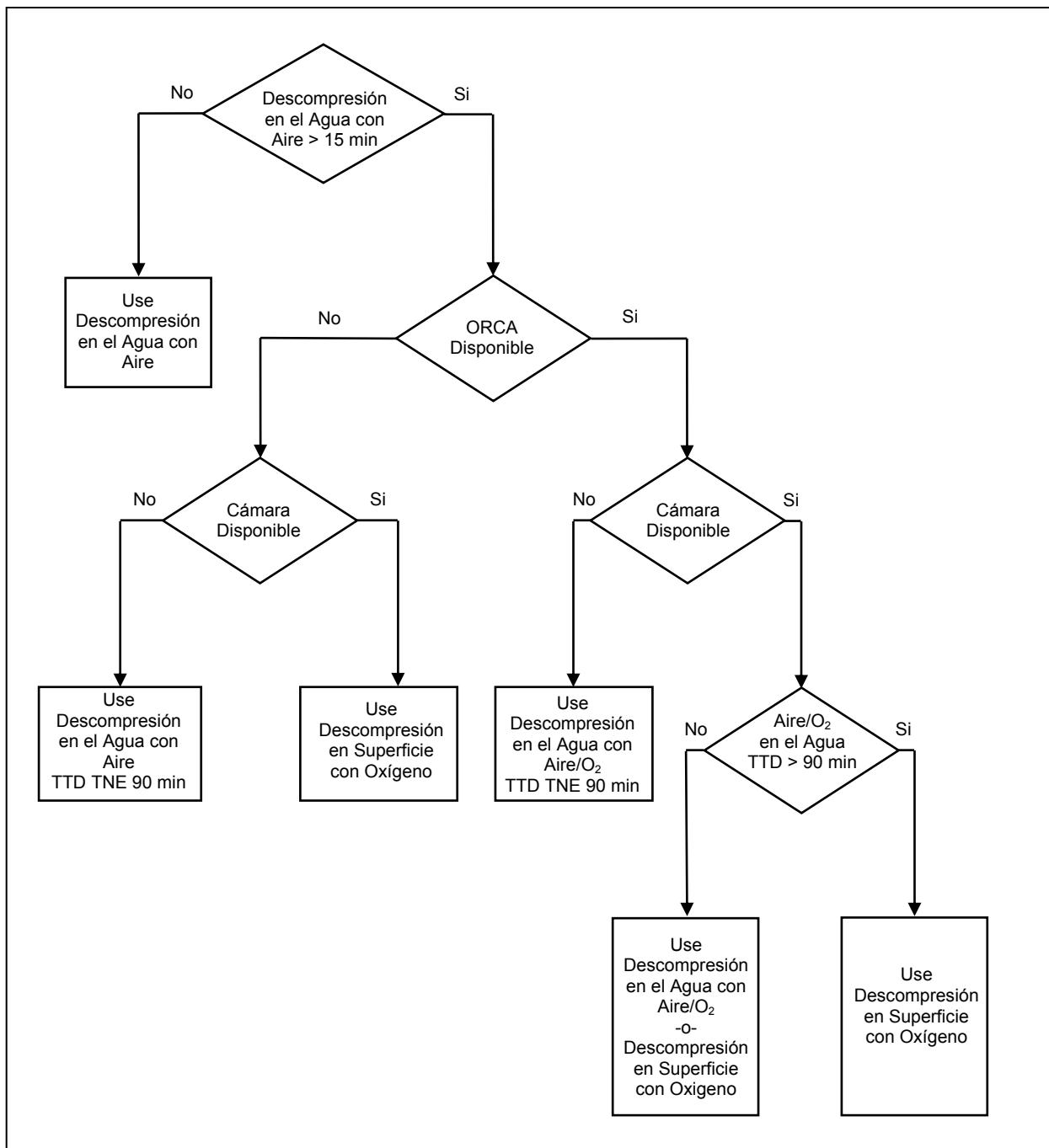


Figura 9-7. Diagrama de Flujo para Selección de Modo de Descompresión.

La descompresión en el agua con aire y oxígeno es altamente recomendada si el tiempo total de parada de descompresión con aire excede 15 min y la descompresión en superficie con oxígeno no es una alternativa viable. La descompresión en superficie puede no ser posible si no está disponible una cámara de recompresión en la estación de buceo, o el corto intervalo en superficie asociado con la descompresión en superficie no permite suficiente tiempo para la descontaminación del buzo después de un buceo en agua contaminada. La descompresión en el agua con aire y oxígeno es más conveniente para buceos que no requieren más de 90 min de tiempo total de aire y oxígeno en el agua. Tiempos más prolongados incrementan el riesgo de toxicidad por oxígeno del SNC y la exposición a los elementos. Si el tiempo total de descompresión en el agua con aire/oxígeno es mayor que 90 min, se requiere descompresión en superficie con oxígeno, a menos que sea obtenido un permiso del CON para realizar buceos con exposiciones excepcionales.

9-9 BUCEOS REPETITIVOS

Durante el intervalo en superficie después de un buceo con aire, la cantidad de nitrógeno residual en el cuerpo del buzo se reducirá gradualmente a su nivel normal. Si el buzo está por hacer un segundo buceo, antes de que el nitrógeno residual se haya disipado (un buceo repetitivo), debe considerar su nivel de nitrógeno residual cuando planee el segundo buceo.

Los procedimientos para realizar un buceo repetitivo son resumidos en la [Figura 9-8](#). Una vez completado el primer buceo, el buzo es asignado a un designador de grupo repetitivo desde la Tabla de Descompresión con Aire o la Tabla de No-Descompresión. Este designador indica al buzo que tanto nitrógeno residual tiene una vez que ha salido a superficie del primer buceo. Un buzo en Grupo A tiene la cantidad más baja de nitrógeno residual; un buzo en Grupo Z tiene la más alta. A medida que el nitrógeno sale del cuerpo del buzo durante el intervalo en superficie, la designación de grupo repetitivo cambia a un grupo de letra más bajo, para reflejar la cantidad más baja de nitrógeno residual. La mitad superior de la [Tabla 9-8](#) permite que el designador de grupo repetitivo sea determinado en cualquier momento durante el intervalo en superficie. La mitad inferior de la [Tabla 9-8](#) da el Tiempo de Nitrógeno Residual (TNR) correspondiente al designador de grupo repetitivo al final del intervalo en superficie y la profundidad del buceo repetitivo. El tiempo de nitrógeno residual es el tiempo que un buzo habría tenido que pasar en la profundidad del buceo repetitivo para absorber la cantidad de nitrógeno que le quedó del buceo previo. El tiempo de nitrógeno residual es añadido al tiempo de fondo del buceo repetitivo para obtener el Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo (TEBS). La cédula de descompresión para el buceo repetitivo es obtenida entrando en la Tabla de Descompresión con Aire o a la Tabla de No-Descompresión en la profundidad del buceo repetitivo y el tiempo equivalente de buceo sencillo.

- 9-9.1 Procedimiento de Buceo Repetitivo.** Para usar el procedimiento de buceo repetitivo descrito adelante, el intervalo en la superficie entre buceos debe ser al menos de 10 minutos. Si el intervalo en superficie entre buceos es menor que 10 minutos, sume el tiempo de fondo de los dos buceos y entre a la tabla de descompresión en la más profunda de las dos profundidades.

Para determinar la cédula de descompresión para un buceo repetitivo cuando el intervalo en superficie es mayor que 10 minutos:

1. Obtenga el designador de grupo repetitivo de la Tabla de Descompresión con Aire o la Tabla de No-Descompresión una vez que sale a superficie del primer buceo.
2. Usando el designador de grupo repetitivo, entre en la mitad superior de la [Tabla 9-8](#) en la diagonal. La [Tabla 9-8](#) es la Tabla de Tiempos de Nitrógeno Residual para Buceos Repetitivos con Aire.

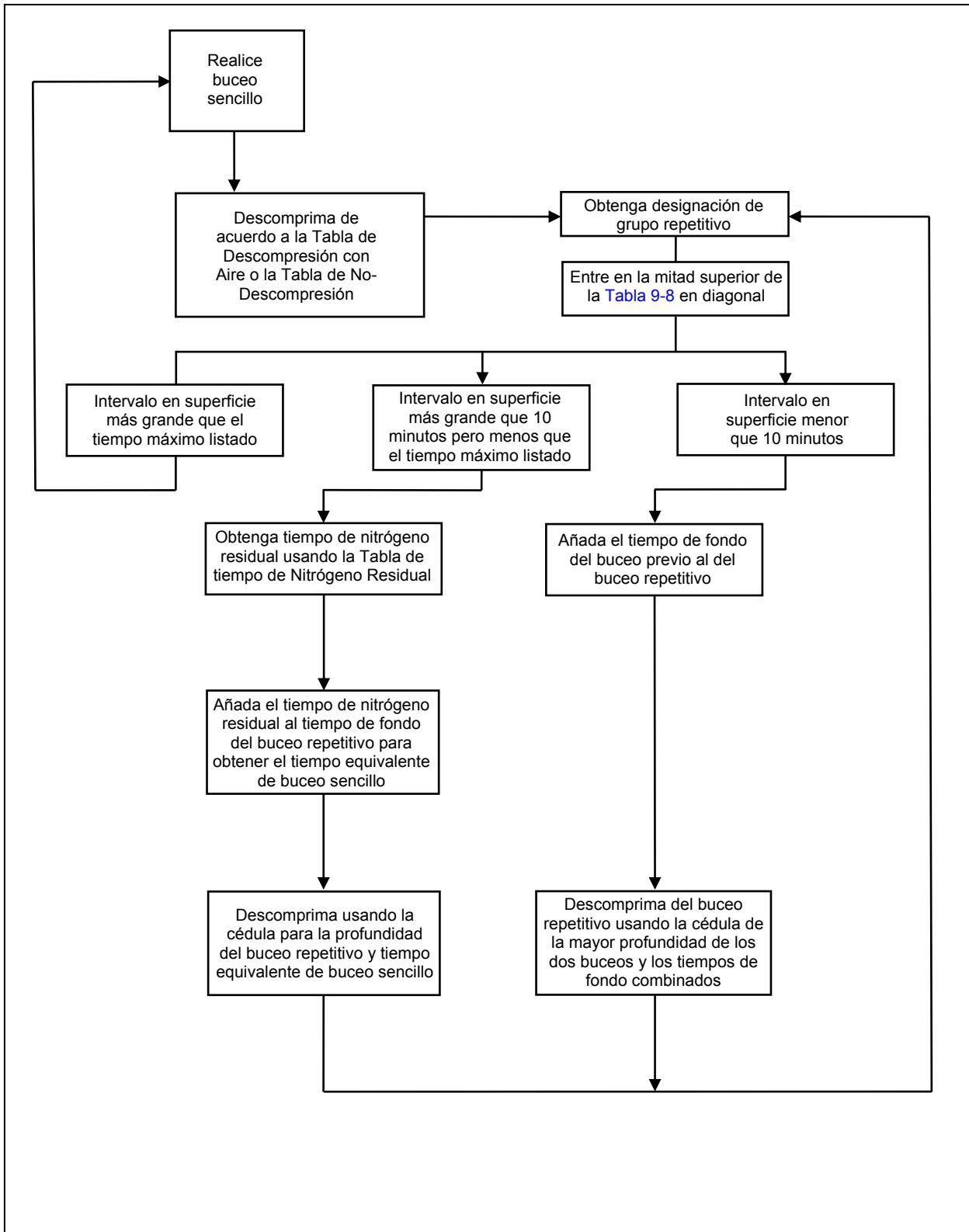


Figura 9-8. Diagrama de Flujo de Buceo Repetitivo.

3. Lea horizontalmente a través de la fila para localizar el tiempo de intervalo que incluye el intervalo en superficie del buzo. Los tiempos están expresados en horas y minutos (ej., 2:21 = 2 horas 21 minutos). Cada intervalo de tiempo tiene un tiempo mínimo (límite superior) y un tiempo máximo (límite inferior). El tiempo pasado en la superficie debe ser entre o igual a los límites del intervalo seleccionado. Si el intervalo en superficie excede el tiempo más largo mostrado en la fila, el buceo no es un buceo repetitivo. No se requiere corrección para nitrógeno residual.
4. Lea verticalmente hacia abajo de la columna para obtener el designador de grupo repetitivo al final del intervalo en superficie.
5. Continúe hacia abajo en la misma columna por la fila de profundidad que es exactamente igual o próxima más profunda que la profundidad del buceo repetitivo. El tiempo dado en la intersección de la columna y fila es el tiempo de nitrógeno residual en minutos.
6. Añada el tiempo de nitrógeno residual al tiempo de fondo real del buceo repetitivo para obtener el Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo (TEBS).
7. Entre en la Tabla de Descompresión con Aire o Tabla de No-Descompresión en la profundidad que es exactamente igual o próxima más profunda que la profundidad real del buceo repetitivo. Seleccione la cédula que es exactamente igual a o próxima mayor que el Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo. Siga la descompresión prescrita a la superficie.
8. A profundidades de 10, 15 y 20 pam, algunos de los grupos repetitivos más altos no tienen un tiempo de nitrógeno residual definido. Estos grupos son marcados con un asterisco doble en la mitad inferior de la [Tabla 9-8](#). El TNR es indefinido porque la carga de nitrógeno en los tejidos asociado con estos grupos repetitivos es más alto que el nitrógeno cargado que podría ser conseguido aun si el buzo permaneciera en esas profundidades por un periodo de tiempo infinito. Un buzo ingresando al buceo en uno de esos grupos más altos marcados con un asterisco doble puede realizar un buceo repetitivo a 10, 15 o 20 pam porque el tiempo de no-descompresión a esas profundidades es ilimitado. No es requerido un TNR para hacer el buceo. Sin embargo, si se planea un buceo repetitivo subsecuente a una profundidad mayor, el buzo necesitará un grupo repetitivo al final del buceo a poca profundidad para continuar utilizando la tabla de TNR. Si se encuentra un asterisco doble en la [Tabla 9-8](#), asuma que el grupo repetitivo permanece sin cambio durante el curso del buceo 10, 15 o 20 pam.

Ejemplo: Un buzo sale a superficie de un buceo en el grupo repetitivo N. Treinta minutos después, hace un buceo a 20 pam. El buzo inicia el buceo a 20 pam en el Grupo N. El tiempo de TNR para el Grupo N a 20 pam es indefinido. Este no es un problema porque el tiempo de no-descompresión a 20 pam es ilimitado. Sin importar su grupo repetitivo inicial, el buzo puede pasar cualquier cantidad de tiempo a 20 pam sin incurrir en una obligación de descompresión. Si se planea un buceo subsecuente a mayor profundidad que 20 pam, el buzo debe asumir que salió a superficie desde el buceo a 20 pam en el Grupo N sin importar la duración del buceo a 20 pam.

9. Si no se muestra ningún grupo repetitivo en la cédula de descompresión, no son permitidos los buceos repetitivos a mayor profundidad que 20 pam después de un buceo con esta cédula. El buzo debe permanecer en la superficie por al menos 18 horas antes de hacer otro buceo más profundo que 20 pam.
10. No realice buceos repetitivos que requieren el uso de las cédulas de descompresión en Exposiciones Excepcionales.

Siempre use la Hoja de Trabajo de Buceo Repetitivo, mostrada en la [Figura 9-9](#), cuando determine la cédula de descompresión para un buceo repetitivo.

HOJA DE TRABAJO DE BUCEO REPETITIVO							Fecha:
1^{er} Buceo							
Prof. Máxima							
Tiempo de Fondo							
Tabla y Cédula				Grupo REPETITIVO			
Intervalo en Superficie				Nuevo Grupo			
2^o Buceo							
Prof. Máxima				PM + TEBS = Tabla y Cédula			
Tiempo de Fondo	+	TNR	=	TEBS	=	Tabla y Cédula	Grupo REPETITIVO
	+		=		=		
Asegúrese que la Regla de Excepción TNR no aplica							
Intervalo en Superficie				Nuevo Grupo			
3^{er} Buceo							
Prof. Máxima				PM + TEBS = Tabla y Cédula			
Tiempo de Fondo	+	TNR	=	TEBS	=	Tabla y Cédula	Grupo REPETITIVO
	+		=		=		
Asegúrese que la Regla de Excepción TNR no aplica							
Intervalo en Superficie				Nuevo Grupo			
4^o Buceo							
Prof. Máxima				PM + TEBS = Tabla y Cédula			
Tiempo de Fondo	+	TNR	=	TEBS	=	Tabla y Cédula	Grupo REPETITIVO
	+		=		=		
Asegúrese que la Regla de Excepción TNR no aplica							
Intervalo en Superficie				Nuevo Grupo			

Figura 9-9. Hoja de Trabajo de Buceo Repetitivo.

Ejemplo: Se planea un buceo repetitivo a 98 pam por un tiempo de fondo estimado de 15 minutos. El buceo previo fue a una profundidad de 101 pam (100 pam + 1 pam del factor de corrección del neumo-profundímetro) y tuvo un tiempo de fondo de 48 minutos. La descompresión fue realizada usando la opción de aire/oxígeno en el agua. El intervalo en superficie del buzo es de 6 horas 26 minutos (6:26). ¿Cuál es la cédula de descompresión apropiada para este buceo repetitivo?

1. Entre a la Tabla de Descompresión con Aire a una profundidad de 110 pam y un tiempo de fondo de 50 minutos. Lea a través de la fila para obtener el designador de grupo repetitivo una vez que salga a la superficie del primer buceo. El designador de grupo repetitivo es Z.
2. Muévase a la Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos Repetitivos con Aire, [Tabla 9-8](#).
3. Entre en la mitad superior de la tabla en la línea diagonal a Z.
4. Lea horizontalmente a través de la línea hasta alcanzar el tiempo de intervalo que incluye el intervalo en superficie del buzo que es 6 horas 26 minutos. El intervalo en superficie del buzo cae dentro de los límites de la columna 6:07/6:58.
5. Lea verticalmente hacia abajo en la columna de 6:07/6:58. El designador de grupo repetitivo al final del intervalo en superficie es I.
6. Continúe leyendo la columna hacia abajo hasta alcanzar la profundidad que es exactamente igual o próxima más profunda que la profundidad del buceo repetitivo. Esta es 100 pam. El tiempo de nitrógeno residual es 30 minutos.
7. Añada los 30 minutos de tiempo de nitrógeno residual al tiempo de fondo estimado de 15 minutos para obtener el tiempo equivalente a buceo sencillo de 45 minutos.
8. El buzo será descomprimido con la cédula 100 pam/45 min en la Tabla de Descompresión con Aire.

La [Figura 9-10](#) representa el perfil de buceo para el primer buceo, La [Figura 9-11](#) muestra la Hoja de Trabajo de Buceo Repetitivo llena, y la [Figura 9-12](#) muestra el perfil de buceo para el buceo repetitivo.

9-9.2

Regla de Excepción TNR. En algunos casos, el tiempo de nitrógeno residual dado en la Tabla 9-8 puede ser más largo que el necesario para proporcionar una adecuada descompresión en el buceo repetitivo. Esta situación es más probable que ocurra cuando el intervalo en superficie entre los buceos es corto. Después de determinar el requerimiento de descompresión para el buceo repetitivo utilizando el procedimiento del párrafo 9-9.1, el buzo debe recalcular el requerimiento, sumando los tiempos de fondo de los dos buceos y tomando la profundidad más profunda. Si la tabla y cédula resultante produce un tiempo de no-descompresión más largo o un tiempo de descompresión más corto que el del procedimiento del párrafo 9-9.1, puede utilizarse la tabla y cédula con la menor obligación de descompresión. Este método alternativo para determinar la tabla y cédula es referido como la Regla de Excepción TNR.

Ejemplo: Un buzo hace un buceo con aire a 60 pam por 40 minutos y planea hacer un buceo repetitivo con aire a 56 pam por 20 minutos después de 30 minutos de intervalo en superficie. Determine la tabla y cédula para el buceo repetitivo.

1025					
Fecha: 5 Sept. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂		
Buzo 1: NDCM Boyd	Buzo 2: NDC Parson	Standby: ND3 Jones			
Equipo: KM 37 PSIG: 2900 %O ₂ :	Equipo: KM 37 PSIG: 2900 %O ₂ :	Equipo: KM 37 PSIG: 2900 %O ₂ :			
Supervisor: NDCM Mariano	Elaboró: ND1 Peters	Mezcla de fondo:			
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.	
DS ó 20 pam		0900	Tiempo de descenso (agua)	:02	
LLF		0902	Profundidad de canastilla (pam)	100	
DF		0948	Profundidad Máxima (pam)	100+1=101	
LL 1 ^{er} Parada		0951	Tiempo Total de Fondo	:48	
190 pam			Tabla/Cédula	110/50	
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:02::46	
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:02::40	
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	::06	
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación	:02	
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	::40	
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)		
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)		
110 pam			Intervalo en Superficie SurD Total		
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)		
90 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO		
80 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA	
70 pam					
60 pam					
50 pam					
40 pam			RETRASOS EN EL ASCENSO		
30 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA	
20 pam	:02+:31	1024			
LLS		1025			
LLF CÁMARA					
50 pam cámara			PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS		
40 pam cámara			AIRE	<input type="checkbox"/> Descompresión con Aire en el agua	
30 pam cámara				<input checked="" type="checkbox"/> Descompresión Aire/O ₂ en el agua	
LLS CÁMARA				<input type="checkbox"/> SurDO ₂	
TTD	TTB		HeO ₂	<input type="checkbox"/> Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua	
:37	1:25			<input type="checkbox"/> SurDO ₂	
GRUPO REPETITIVO: Z					
Observaciones:					

Figura 9-10. Reporte de Buceo con Aire Completado: Primer Buceo de Perfil de Buceo Repetitivo.

HOJA DE TRABAJO DE BUCEO REPETITIVO

Fecha:
5 Sept. 07

1^{er} Buceo

Prof. Máxima	100+1=101					
Tiempo de Fondo	:48					
Tabla y Cédula	110/50			Grupo REPETITIVO	Z	
Intervalo en Superficie	6:26			Nuevo Grupo	I	

2º Buceo

Prof. Máxima	97+1=98			PM + TEBS = Tabla y Cédula		
Tiempo de Fondo	+	TNR	=	TEBS	=	Tabla y Cédula Grupo REPETITIVO
	+	:30	=	:45	=	100/45 N

Asegúrese que la Regla de Excepción TNR no aplica

Intervalo en Superficie				Nuevo Grupo	
-------------------------	--	--	--	-------------	--

3^{er} Buceo

Prof. Máxima				PM + TEBS = Tabla y Cédula		
Tiempo de Fondo	+	TNR	=	TEBS	=	Tabla y Cédula Grupo REPETITIVO
	+		=		=	

Asegúrese que la Regla de Excepción TNR no aplica

Intervalo en Superficie				Nuevo Grupo	
-------------------------	--	--	--	-------------	--

4º Buceo

Prof. Máxima				PM + TEBS = Tabla y Cédula		
Tiempo de Fondo	+	TNR	=	TEBS	=	Tabla y Cédula Grupo REPETITIVO
	+		=		=	

Asegúrese que la Regla de Excepción TNR no aplica

Intervalo en Superficie				Nuevo Grupo	
-------------------------	--	--	--	-------------	--

Figura 9-11. Hoja de Trabajo de Buceo Repetitivo Completada.

1731				
Fecha: 5 Sept. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂	
Buzo 1: NDCM Boyd	Buzo 2: NDC Parson	Standby: CWO5 Armstrong		
Equipo: KM 37 PSIG: 2900 %O ₂ :	Equipo: KM 37 PSIG: 2900 %O ₂ :	Equipo: KM 37 PSIG: 2900 %O ₂ :		
Supervisor: NDCM Mariano	Elaboró: CWO4 Perna	Mezcla de fondo:		
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.
DS ó 20 pam		1651	Tiempo de descenso (agua)	:02
LLF		1653	Profundidad de canastilla (pam)	97
DF		1706	Profundidad Máxima (pam)	97+1=98
LL 1 ^{er} Parada		1709	Tiempo Total de Fondo	:15+:30=:45
190 pam			Tabla/Cédula	100/45
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:02::35
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:02::34
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	::01
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación	:02
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	::45
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)	
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)	
110 pam			Intervalo en Superficie SurD Total	
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)	
90 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO	
80 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
70 pam				
60 pam				
50 pam				
40 pam			RETRASOS EN EL ASCENSO	
30 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
20 pam	:02+:19	1730		
LLS		1731		
LLF CÁMARA				
50 pam cámara			PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS	
40 pam cámara			AIRE	
30 pam cámara			<input type="checkbox"/>	Descompresión con Aire en el agua
LLS CÁMARA			<input checked="" type="checkbox"/>	Descompresión Aire/O ₂ en el agua
TTD	TTB		<input type="checkbox"/>	SurDO ₂
		HeO ₂		
:25	:40		<input type="checkbox"/>	Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua
			<input type="checkbox"/>	SurDO ₂
GRUPO REPETITIVO: N				
Observaciones:				

Figura 9-12. Reporte de Buceo con Aire Completado: Segundo Buceo de Perfil de Buceo Repetitivo.

El buzo sale a superficie del primer buceo en el grupo repetitivo H. Después de 30 minutos en la superficie permanece en el grupo repetitivo H. La profundidad del buceo repetitivo es redondeada a la profundidad próxima más profunda en la [Tabla 9-8](#), 60 pam. El tiempo de nitrógeno residual para un buzo en grupo H a 60 pam es 46 minutos. El tiempo equivalente de buceo sencillo del buceo repetitivo es $20 + 46 = 66$ minutos. La cédula 60 pam/70 min indica una parada de 7 min con aire a 20 pam. La tabla y cédula alternativa para el buceo repetitivo es 60 pam (la más profunda de las dos profundidades) y 60 minutos (la suma de los tiempos de fondo 40 y 20 minutos). La cédula 60 pam/60 min no requiere paradas de descompresión. El buzo utiliza la cédula 60 pam/60 min para el buceo repetitivo bajo la regla de excepción TNR.

Ejemplo: Un buzo hace un buceo a 100 pam por 25 minutos, y planea hacer un buceo repetitivo a 60 pam por 20 minutos después de 30 minutos de intervalo en superficie. Determine la tabla y cédula para el buceo repetitivo.

El buzo sale a superficie del primer buceo en un grupo repetitivo H. Después de 30 minutos en la superficie, permanece en el grupo repetitivo H. El tiempo de nitrógeno residual para grupo H a 60 pam es 46 minutos. El tiempo equivalente de buceo sencillo del buceo repetitivo es $20 + 46 = 66$ minutos. La cédula 60 pam/70 min indica una parada de 7 min con aire a 20 pam. La tabla y cédula alternativa para el buceo repetitivo es 100 pam (la más profunda de las dos profundidades) y 45 minutos (la suma de los tiempos de fondo 25 y 20 minutos). La cédula 100 pam/45 min indica 36 minutos con aire a 20 pam. El buzo utiliza la cédula más corta 60 pam/70 min, bajo las previsiones del [párrafo 9-9.1](#).

La regla de excepción TNR puede aplicarse a una serie de buceos repetitivos. La tabla y cédula para el siguiente buceo en la serie es determinado primero utilizando el procedimiento del [párrafo 9-9.1](#), entonces, se suman los tiempos de fondo de todos los buceos repetitivos en la serie y se toma la profundidad más profunda. Cualquier tabla y cédula que produzca el tiempo de descompresión más corto o el tiempo de no-descompresión más largo, es la tabla y cédula a ser utilizada para el buceo repetitivo.

9-9.3 Buceos Repetitivos con Aire-MK 16. Los designadores de grupo repetitivo para buceo con aire y buceo con MK 16 MOD 0 y MOD 1 están definidos idénticamente. Esto significa que es posible realizar un buceo repetitivo con aire después de un buceo con nitrógeno-oxígeno con MK 16 MOD 0 ó MK 16 MOD 1 utilizando las tablas existentes. Para realizar un buceo repetitivo con aire después de un buceo con nitrógeno-oxígeno con el MK 16 MOD 0 ó MOD 1, tome los siguientes pasos:

ADVERTENCIA **Estos procedimientos no pueden utilizarse para hacer buceos repetitivos con aire después de buceos con MK 16 con helio-oxígeno.**

1. Obtenga el designador de grupo repetitivo saliendo a superficie del buceo con MK 16 de la [Tabla 17-6](#) ó [17-9](#) (MOD 0) o de la [Tabla 18-9](#) ó [18-11](#) (MOD 1).
2. Usando el designador de grupo repetitivo para MK 16, entre en la mitad superior de la Tabla 9-8 en la diagonal. Desde este punto el procedimiento es idéntico al marcado para un buceo repetitivo con aire después de un buceo con aire.
3. Lea a través de la fila por el intervalo de superficie apropiado, entonces baje a la profundidad del buceo repetitivo con aire para obtener el tiempo de nitrógeno residual.
4. Añada el tiempo de nitrógeno residual al tiempo de fondo del buceo repetitivo con aire para obtener el Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo.

5. Entre a la Tabla de Descompresión con Aire o Tabla de No- Descompresión en la profundidad que es exactamente igual a o próxima más profunda que la profundidad real del buceo repetitivo. Seleccione la cédula que es exactamente igual a o próxima mayor que el Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo. Siga la descompresión prescrita a la superficie.
6. La regla de excepción TNR no puede aplicarse a buceos repetitivos MK 16/Aire. Primero calcule la Profundidad de Aire Equivalente del buceo MK 16. Entonces sume los tiempos de fondo de los dos buceos y tome la profundidad más profunda de la equivalente de profundidad de aire del buceo MK 16 ó la profundidad real del buceo con aire. Si la tabla cédula resultante es menor en tiempo de descompresión que el procedimiento anterior, la regla de excepción puede ser invocada y utilizarse la cédula más corta. Equivalente a Profundidad de Aire para buceo MOD 0 = (Profundidad de buceo MOD 0 – 18 pam)/0.79. Equivalente a Profundidad de Aire para buceo MOD 1 = (Profundidad de buceo MOD 1 – 36 pam)/0.79.

9-9.4 Orden de los Buceos Repetitivos. Desde el punto de vista de la descompresión, la manera más eficiente para realizar buceos repetitivos es efectuar primero el buceo más profundo y por último el buceo a menor profundidad. Este patrón reditúa el mayor tiempo de fondo para el menor tiempo de descompresión. No hay prohibición para realizar buceos repetitivos en el orden inverso, esto es, primero el buceo a menor profundidad y después el buceo más profundo, o en cualquier orden aleatorio si la situación operacional lo requiere. Es solo que otros patrones que de más profundo a menos profundo no son lo más eficiente en términos de descompresión.

Ejemplo: Un buzo planea efectuar dos buceos separados por un intervalo en superficie de 30 minutos. Un buceo es a 100 pam por 20 min. El segundo buceo es a 60 pam por 20 min. ¿Cuál buceo debe ser realizado primero?

Siguiendo el patrón normal de más profundo a menos profundo, el buzo hace el buceo a 100 pam primero. Sale a superficie en Grupo repetitivo G y permanece en Grupo G durante el intervalo en superficie. El TNR para el Grupo G a 60 pam es 40 min. Por lo tanto, el Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo del buceo a 60 pam es 60 min (40 + 20). Un buceo de 60 pam/60 min es exacto en el límite de no descompresión. No se requiere descompresión para ninguno de los dos buceos.

Siguiendo el patrón inverso de menos profundo a más profundo, el buzo hace primero el buceo a 60 pam. Sale a superficie en Grupo repetitivo D y permanece en Grupo D durante el intervalo en superficie. El TNR para el Grupo D a 100 pam es 14 min. Por lo tanto, el Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo del buceo a 100 pam es 34 min (14 + 20). El buzo se descomprime con la cédula 100 pam/35 min. Es requerida una parada de descompresión a 20 pam.

Con el patrón normal, el buzo cumplió 40 minutos de tiempo de fondo sin tener descompresión. Con el patrón inverso el buzo requirió 15 min de tiempo de parada de descompresión por los mismos 40 minutos de tiempo de fondo.

9-10 BUCEOS CON EXPOSICIONES EXCEPCIONALES

Los buceos con exposiciones excepcionales son aquellos en los cuales el riesgo de enfermedad de descompresión, toxicidad por oxígeno y/o la exposición a los elementos, es substancialmente más grande que con los buceos de trabajo normales. Estas cédulas de exposición excepcional se pretende que solo sean utilizadas en emergencias, como con un buzo atrapado. Las exposiciones excepcionales no deben ser planeados por adelantado excepto bajo las circunstancias operacionales más inusuales. El Comandante debe valorar cuidadosamente la necesidad para planear un buceo con exposiciones excepcionales y se requiere la aprobación previa del CNO para tal buceo.

Los buceos con exposiciones excepcionales están definidos por el tiempo de descompresión requerido para el modo de descompresión seleccionado. Los siguientes buceos con aire están considerados exposición excepcional.

- Cualquier buceo a mayor profundidad que 190 pam.
- Cualquier buceo con descompresión en el agua con un tiempo total de descompresión con aire o aire/oxígeno mayor de 90 minutos.
- Cualquier buceo SurDO₂ con un tiempo de oxígeno en la cámara mayor a 120 minutos (4 períodos de oxígeno).

NOTA **El comandante debe tener la aprobación de CON para realizar buceos con exposición excepcional planeados.**

9-11 VARIACIONES EN LA VELOCIDAD DE ASCENSO

Las siguientes reglas para corregir variaciones en la velocidad de ascenso aplican para todas las tablas dadas en este capítulo. La velocidad normal de ascenso a la primera parada y entre paradas subsecuentes es a 30 pam/min. Son aceptables las variaciones menores en la velocidad de viaje entre 20 y 40 pam/min y no requieren corrección.

9-11.1 Velocidad de Viaje Excedida. Si la velocidad de ascenso es mayor que 40 pam/min, detenga el ascenso, permita que se alcancen los relojes, y entonces continúe el ascenso.

9-11.2 Arribo Temprano a la Primera Parada de Descompresión. Si el buzo arriba temprano a la primera parada de descompresión:

1. Inicie la toma de tiempo de la primera parada cuando el tiempo de viaje requerido ha sido completado.
2. Si la primera parada es una parada con oxígeno, cambie al buzo con oxígeno una vez que arriba a la parada. Inicie el tiempo de parada cuando el buzo está confirmado con oxígeno y el tiempo de viaje requerido ha sido completado.

9-11.3 Retraso en Arribar a la Primera Parada de Descompresión.

- **Retraso hasta de 1 minuto.** Un retraso de hasta un minuto en alcanzar la primera parada de descompresión puede ser ignorado.
- **Retraso mayor que 1 minuto, a mayor profundidad que 50 pam.** Redondee el tiempo de retraso al minuto próximo mayor y añádalo al tiempo de fondo. Recalcule la cédula de descompresión. Si no se requieren cambios en la cédula, continúe con la descompresión planeada. Si se requiere un cambio en la cédula y la nueva cédula indica una parada de descompresión a mayor profundidad de la que está actualmente el buzo, realice cualquier parada perdida a mayor profundidad en la profundidad actual del buzo. No vaya más profundo.

Ejemplo: Los buzos hacen un buceo a 115 pam. La profundidad de canastilla es 113 pam. El tiempo de fondo es de 55 minutos. De acuerdo a la cédula de descompresión 120 pam/55 min, la primera parada de descompresión es a 30 pam. Durante el ascenso, los buzos se retrasaron a 100 pam por 3 minutos 27 segundos y realmente tomaron 6 min 13 segundos en alcanzar la parada de descompresión a 30 pam. Determine la nueva cédula de descompresión.

El retraso total es de 3 minutos 27 segundos. Redondee este retraso de tiempo al minuto completo próximo mayor, 4 minutos, y añádalo al tiempo de fondo. El nuevo tiempo de fondo es 59 minutos. Recalcule la cédula de descompresión utilizando 60 min de tiempo de fondo y continúe la descompresión de acuerdo a la nueva cédula de descompresión, 120 pam/60 min. Este buceo es ilustrado en la [Figura 9-13](#).

- **Retraso mayor que 1 minuto, menos profundo que 50 pam.** Si ocurre un retraso en el ascenso mayor que un minuto a menos profundidad que 50 pam, redondee el tiempo de retraso al minuto completo próximo mayor y añada el tiempo de retraso a la primera parada de descompresión del buzo.

Ejemplo: Los buzos hacen un buceo a 113 pam. El tiempo de fondo fue de 60 minutos. De acuerdo a la Tabla de Descompresión con Aire, la primera parada de descompresión es a 30 pam. Durante el ascenso, los buzos se retrasaron a 40 pam y realmente tomaron 6 minutos 20 segundos en alcanzar la parada a 30 pam. Determine la nueva cédula de descompresión.

Si los buzos hubieran mantenido una velocidad de ascenso de 30 pam/min, el tiempo de ascenso correcto habría sido de 2 minutos 46 segundos. Ya que tomaron 6 minutos 20 segundos en alcanzar la parada a 30 pam, tuvieron un retraso de 3 minutos 34 segundos (6 minutos 20 segundos menos 2 minutos 46 segundos). Por lo tanto, incrementa el tiempo de la parada de descompresión a 30 pam por 3 minutos 34 segundos, redondeado a 4 minutos. En lugar de 14 minutos con oxígeno a 30 pam, los buzos deben pasar 18 minutos con oxígeno. Este buceo se ilustra en la [Figura 9-14](#).

9-11.4 Retraso en Dejar una Parada o Entre Paradas de Descompresión.

- **Retraso menor que 1 minuto dejando una parada con aire.** Cuando el retraso en dejar una parada con aire es menor que 1 minuto, descarte el retraso. Reasuma la descompresión normal cuando el retraso ha terminado.
- **Retraso menor que 1 minuto entre paradas con aire.** Si el retraso entre paradas es menor que 1 minuto, descarte el retraso.
- **Retraso mayor que 1 minuto dejando una parada con aire o entre paradas con aire más profundas que 50 pam.** Sume el retraso al tiempo de fondo y recalcule la descompresión requerida. Si es requerida una nueva cédula, tome la nueva cédula en la parada actual o parada subsecuente si el retraso ocurre entre paradas. Ignore cualquier parada o tiempo perdidos a mayor profundidad que la profundidad en la cual ocurrió el retraso.
- **Retraso mayor que 1 minuto dejando una parada con aire o entre paradas a menor profundidad que 50 pam.** Ignore el retraso. Reasuma la cédula normal una vez que se completó el retraso.
- **Retraso dejando una parada con oxígeno a 30 pam o retraso entre paradas con oxígeno a 30 y 20 pam.** Sustraiga cualquier retraso en dejar la parada con oxígeno a 30 pam o cualquier retraso durante el viaje desde 30 a 20 pam con oxígeno del tiempo de parada con oxígeno a 20 pam subsecuente. Si el retraso causa que el tiempo total con oxígeno a más profundidad que 20 pam excede 30 minutos, cambie al buzo a aire en la marca de 30 minutos. Cuando el problema ha sido resuelto cambie al buzo de nuevo a oxígeno y reasuma la descompresión. Ignore cualquier tiempo pasado con aire.

Ejemplo: La cédula de descompresión del buzo indica una parada de 20 minutos con oxígeno a 30 pam y una parada con oxígeno de 40 minutos a 20 pam. El buzo tiene un retraso de 15 minutos dejando la parada a 30 pam debido a fallas en la canastilla.

1503				
Fecha: 22 Oct. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂	
Buzo 1: ND1 Schlabach	Buzo 2: ND2 Hedrick		Standby: HMS Montgomery	
Equipo: MK 21 PSIG: %O ₂ :	Equipo: MK 21 PSIG: %O ₂ :		Equipo: MK 21 PSIG: %O ₂ :	
Supervisor: NDC Blanton	Elaboró: LT Slappy		Mezcla de fondo:	
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.
DS ó 20 pam		1300	Tiempo de descenso (agua)	:02
LLF		1302	Profundidad de canastilla (pam)	113
DF		1355	Profundidad Máxima (pam)	113+2=115
LL 1 ^{er} Parada		1402	Tiempo Total de Fondo	:55+:04=:59
190 pam			Tabla/Cédula	120/60
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:06::13
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:02::46
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	:03::27
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación	:02
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	::45
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)	
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)	
110 pam	:3::27	1359	Intervalo en Superficie SurD Total	
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)	
90 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO	
80 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
70 pam				
60 pam				
50 pam				
40 pam			RETRASOS EN EL ASCENSO	
30 pam	:02+:14	1418	PROFUNDIDAD	PROBLEMA
20 pam	:16+:05+:23	1502	100	Atorado
LLS		1503		
LLF CÁMARA			PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS	
50 pam cámara			AIRE	
40 pam cámara				
30 pam cámara				Descompresión con Aire en el agua
LLS CÁMARA				✓ Descompresión Aire/O ₂ en el agua
TTD	TTB			SurDO ₂
		HeO ₂		
1:08	2:03			Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua
				SurDO ₂
			GRUPO REPETITIVO: Z	
Observaciones: Buzo atorado en 100 pam por :3::27. Redondeado a :4 añadidos a TF, T/C calculados nuevamente.				

9-13. Reporte de Buceo con Aire Completado: Retraso en el Ascenso a Mayor Profundidad que 50 pam.

1711						
Fecha: 22 Oct. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂			
Buzo 1: ND1 Bauer	Buzo 2: ND2 Brown		Standby: HMS Seymour			
Equipo: MK 21 PSIG: %O ₂ :	Equipo: MK 21 PSIG: %O ₂ :		Equipo: MK 21 PSIG: %O ₂ :			
Supervisor: NDC Poulan	Elaboró: CDR Daubon		Mezcla de fondo:			
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.		
DS ó 20 pam		1500	Tiempo de descenso (agua)	:02		
LLF		1502	Profundidad de canastilla (pam)	113		
DF		1600	Profundidad Máxima (pam)	113+2=115		
LL 1 ^{er} Parada		1607	Tiempo Total de Fondo	:60		
190 pam			Tabla/Cédula	120/60		
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:06::20		
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:02::46		
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	:03::34		
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación	:02		
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	::45		
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)			
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)			
110 pam			Intervalo en Superficie SurD Total			
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)			
90 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO			
80 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA		
70 pam						
60 pam						
50 pam						
40 pam	:033::34	1606	RETRASOS EN EL ASCENSO			
30 pam	:02+:04+:14	1626	PROFUNDIDAD	PROBLEMA		
20 pam	:12+:05+:27	1710	40	Atorado		
LLS		1711				
LLF CÁMARA			PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS			
50 pam cámara			AIRE			
40 pam cámara						
30 pam cámara			<input type="checkbox"/>	Descompresión con Aire en el agua		
LLS CÁMARA			<input checked="" type="checkbox"/>	Descompresión Aire/O ₂ en el agua		
TTD	TTB		<input type="checkbox"/>	SurDO ₂		
			HeO ₂			
1:11	2:11		<input type="checkbox"/>	Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua		
			<input type="checkbox"/>	SurDO ₂		
GRUPO REPETITIVO: Z						
Observaciones: Buzo atorado en 40 pam por :3::34. Redondeado a :04 añadidos a 1 ^{er} parada.						

9-14. Reporte de Buceo con Aire Completado: Retraso en el Ascenso a Menor Profundidad que 50 pam.

Los primeros 10 minutos de retraso pueden ser pasados con oxígeno a 30 pam, dando un total de tiempo con oxígeno de 30 minutos a 30 pam. Debe entonces cambiarse al buzo a aire por los 5 minutos remanentes de retraso. Cuando el problema es resuelto, cambie al buzo de regreso a oxígeno a 30 pam y ascienda a 20 pam para iniciar el tiempo de parada a 20 pam. El tiempo de parada a 20 pam es reducido de 40 a 30 minutos por los 10 minutos extra pasados con oxígeno a 30 pam. Los 5 minutos de rompimiento con aire son ignorados.

- **Retraso en dejar la parada con oxígeno a 20 pam.** Retrasos en dejar la parada con oxígeno a 20 pam pueden ignorarse. Sin embargo, no deje a los buzos con oxígeno más de 30 minutos como se describe en el [párrafo 9-8.22](#). Cambie a los buzos a aire y permanezca con aire hasta que sea posible el viaje a la superficie.
- **Retraso en el Viaje de 40 pam a la Superficie para Descompresión en Superficie.** Descarte cualquier retraso en el viaje desde 40 pam a la superficie durante descompresión en superficie a menos que el buzo exceda los 5 minutos permitidos de intervalo en superficie. Si el buzo excede los 5 minutos de intervalo en superficie, siga la guía del [párrafo 9-12.6](#).

9-12 PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA

En el buceo con aire, se utilizan procedimientos específicos en las situaciones de emergencia. Los siguientes párrafos detallan estos procedimientos de emergencia.

9-12.1 Tiempo de Fondo en Exceso de la Tabla

En el caso inusual de un buzo atrapado o umbilical atorado, el tiempo de fondo puede exceder el tiempo de fondo más largo listado en la tabla para la profundidad del buzo. Cuando es previsto que el tiempo de fondo excederá el valor listado más largo, contacte inmediatamente a la Unidad de Buceo Experimental de la Marina por la asesoría de cómo descomprimir. Si la NEDU no puede contactarse a tiempo, tome la siguiente acción:

1. Si está disponible, use el Algoritmo Planeador de Buceo Thalmann de la Marina de E.U. para calcular el requerimiento de descompresión.
2. Lea hacia abajo por las mayores profundidades en la Tabla de Descompresión con Aire hasta encontrar una profundidad que tenga una cédula que es igual o más larga que el tiempo de fondo. La Tabla de Descompresión con Aire contiene cédulas más largas a varias profundidades especialmente para este propósito.

Ejemplo: Un buzo está atrapado en el fondo a una profundidad de 155 pam. Al momento que es liberado, el tiempo de fondo es de 100 min. La cédula más larga en la tabla de 160 pam es 80 min. Lea hacia abajo por la tabla de 170 pam. La cédula de 120 min es más larga que el tiempo de fondo del buzo. Descomprima al buzo con la cédula 170 pam/120 min.

9-12.2 Pérdida del Suministro de Oxígeno en el Agua

Si no se puede cambiar al buzo con oxígeno a 30 ó 20 pam:

1. Tenga al buzo respirando aire mientras se investiga el problema.
2. Si el problema puede corregirse rápidamente, ventile al buzo con oxígeno tan pronto como el suministro de gas es restaurado. Considere cualquier tiempo pasado con aire como tiempo muerto. Permanezca con oxígeno en la parada por el tiempo de parada completo listado en la tabla.

3. Si el problema no puede corregirse, inicie la descompresión en superficie o continúe la descompresión en el agua con aire. En esta situación, el intervalo en superficie para la descompresión en superficie es el tiempo desde que deja la parada en el agua a alcanzar la parada de 50 pam en la cámara de recompresión.

Si el suministro de oxígeno se pierde durante las paradas en el agua a 30 ó 20 pam después de que el buzo ha sido cambiado a oxígeno:

1. Cambie al buzo de regreso a aire.
2. Si el problema puede corregirse rápidamente, vuelva a ventilar al buzo con oxígeno y reasuma la cédula en el punto de interrupción. Considere cualquier tiempo pasado con aire como tiempo muerto.
3. Si el problema no puede corregirse y está disponible una cámara de recompresión en la estación de buceo, inicie la descompresión en superficie. Calcule el número de períodos de oxígeno requeridos en la cámara multiplicando el tiempo de oxígeno remanente en las paradas por 1.1, dividiendo el total por 30 minutos, entonces redondee el resultado al medio período próximo mayor. Un medio período (15 minutos a 50 pam) es el requerimiento mínimo.

Ejemplo: El suministro de oxígeno se pierde permanentemente cuando el buzo tiene 5 minutos de tiempo de oxígeno remanente a 30 pam, y 33 minutos a 20 pam. El tiempo total de oxígeno remanente es de 38 minutos. El número de períodos de 30 min SurDO₂ requeridos es $(1.1 \times 38) / 30 = 1.39$. Este número es redondeado a 1.5.

4. Si el problema no puede corregirse y no está disponible una cámara de recompresión en la estación de buceo, continúe la descompresión con aire en el agua. Calcule el tiempo de paradas con aire remanente en la profundidad de la pérdida multiplicando el tiempo de parada con oxígeno remanente en la profundidad por la proporción del tiempo de parada con aire al tiempo de oxígeno en esta profundidad.

Ejemplo: El suministro de oxígeno se perdió permanentemente cuando el buzo tiene un remanente de tiempo de oxígeno de 10 min a 20 pam. Su cédula de descompresión indica 140 minutos con aire a 20 pam ó 34 minutos con oxígeno a 20 pam. La proporción de tiempo de parada con aire a tiempo con oxígeno en la parada a 20 pam es $140/34 = 4.12$. Su tiempo remanente con aire a 20 pam es $10 \times 4.12 = 41.2$ minutos. Redondee este tiempo a 42 minutos.

Si el cambio a aire ocurre a 30 pam, calcule el tiempo de parada remanente con aire a 30 pam como se muestra arriba, entonces tome la parada con aire a 20 pam completa como se prescribe en la Tabla de Descompresión con Aire.

9-12.3

Contaminación del Suministro de Oxígeno con Aire

Será difícil detectar la mezcla de aire con el suministro de oxígeno durante la descompresión con oxígeno en el agua, ya que no ocurrirá cambio en la voz como en el buceo con helioxígeno. En el cambio a oxígeno, el operador del ORCA debe verificar que el ORCA este en línea apropiadamente y que el monitor de oxígeno, si uno está presente, indique que oxígeno 100% está yendo al umbilical del buzo. El buzo debe monitorear la presión de su CGE (cilindro de gas de emergencia) periódicamente para asegurar que no está cayendo la presión.

Si el operador descubre que el ORCA está inapropiadamente alineado, tome la siguiente acción:

1. Ponga en línea el ORCA apropiadamente.

2. Ventile nuevamente a cada buzo con oxígeno por 20 segundos.
3. Reinicie el tiempo con oxígeno. Considere cualquier tiempo pasado con oxígeno contaminado como tiempo muerto.

9-12.4

Síntomas de Toxicidad por Oxígeno del SNC (No convulsivos) en las paradas en el agua a 30 ó 20 pam

La mayoría de los buzos tolerará fácilmente las exposiciones con oxígeno prescritas por estas Tablas. Los síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC, si se desarrollan, es más probable que ocurran cerca del final de la parada con oxígeno a 20 pam. La nausea es el síntoma más común.

Si el buzo desarrolla síntomas de toxicidad del SNC en las paradas en el agua a 30 ó 20 pam, siga la siguiente acción:

1. Si está disponible una cámara de recompresión en la estación de buceo, inicie la descompresión en superficie. Cambie la consola a aire durante el viaje a la superficie. Calcule el número de periodos con oxígeno en la cámara requeridos multiplicando el tiempo de oxígeno remanente en las paradas por 1.1, dividiendo el total por 30 minutos, entonces redondee el resultado al medio periodo próximo mayor. Un medio periodo (15 minutos a 50 pam) es el requerimiento mínimo.
2. Si no está disponible una cámara de recompresión en la estación de buceo y el evento ocurre a 30 pam, traiga a los buzos a 20 pam (**N. de T. el original dice 10 pam**) y cambie a aire para reducir la presión parcial de oxígeno. Cambie la consola conforme los buzos estén viajando a 20 pam. Ventile ambos buzos con aire una vez que arriban a 20 pam. Ventile al buzo afectado primero. Complete la descompresión con aire a 20 pam. Calcule el tiempo de parada a 20 pam como sigue: Multiplique el tiempo de parada con oxígeno perdido a 30 pam por la proporción del aire al tiempo de parada con oxígeno a 30 pam para obtener el equivalente al tiempo de aire perdido a 30 pam. Añada este tiempo al tiempo de parada con aire a 20 pam mostrado en la Tabla de Descompresión con Aire.
3. Si no está disponible una cámara de recompresión en la estación de buceo y el evento ocurre a 20 pam, cambie la consola a aire, ventile a ambos buzos, el buzo afectado primero, y complete la descompresión en el agua a 20 pam con aire. Calcule el tiempo de parada con aire remanente a 20 pam multiplicando el tiempo de parada con oxígeno remanente a 20 pam por la proporción del tiempo de parada con aire al tiempo con oxígeno a 20 pam.

Ejemplo: Después de 10 minutos con oxígeno a 30 pam, un buzo tiene un síntoma no convulsivo de toxicidad por oxígeno del SNC. No está disponible una cámara de recompresión en la estación de buceo. El buzo es traído inmediatamente a 20 pam y ventilado con aire. Su cédula de descompresión indica 28 minutos con aire a 30 pam y 175 minutos con aire a 20 pam. El tiempo de parada con oxígeno a 30 pam es de 14 minutos. El tiempo con oxígeno perdido a 30 pam es de 4 minutos (14-10). La proporción de aire a tiempo de oxígeno a 30 pam es de $28/14 = 2.0$. Por consiguiente, el tiempo de aire perdido a 30 pam es $4 \times 2.0 = 8$ minutos. El tiempo de descompresión con aire requerido a 20 pam es de 183 minutos ($8 + 175$).

Ejemplo: Después de 24 minutos con oxígeno a 20 pam, un buzo tiene un síntoma no convulsivo de toxicidad por oxígeno del SNC. No está disponible una cámara de recompresión en la estación de buceo. El buzo es cambiado a aire con 10 minutos de tiempo de oxígeno remanente a 20 pam. Su cédula de descompresión indica 140 minutos con aire a 20 pam ó 31 minutos con oxígeno a 20 pam. La proporción del

tiempo de parada con aire al tiempo con oxígeno a 20 pam es de $140/31 = 4.52$. Su tiempo con aire remanente a 20 pam es $10 \times 4.52 = 45.2$ minutos. Redondeé este tiempo a 46 minutos.

9-12.5 Convulsiones por Oxígeno en las Paradas en el Agua a 30 ó 20 pam

Si los síntomas progresan a una convulsión a pesar de las medidas anteriores, o si una convulsión ocurre súbitamente sin aviso, tome la siguiente acción.

1. Cambie a ambos buzos a aire si esta acción no ha sido tomada ya.
2. Tenga al buzo no afectado ventilándose a sí mismo y entonces ventile al buzo afectado.
3. Si solo un buzo está en el agua, despliegue al buzo standby inmediatamente y téngalo ventilando al buzo al buzo afectado.
4. Mantenga a los buzos en la profundidad hasta que ceda la fase tónico-clónica de la convulsión. La fase tónico-clónica de una convulsión generalmente dura 1-2 minutos.
5. Al final de la fase tónico-clónica, que el compañero de buceo o el buzo standby se asegure si el buzo está respirando. La presencia o ausencia de sonidos respiratorios normalmente serán audibles en el sistema de comunicación del buzo.
6. Si el buzo parece no estar respirando, tenga al compañero de buceo o buzo standby intentando posicionar la cabeza para abrir las vías aéreas. La obstrucción de las vías aéreas será la razón más común por la que un buzo inconsciente no puede respirar.
7. Si el buzo está respirando, manténgalo en la profundidad hasta que este estable, entonces descomprímalo en superficie. Calcule el número de períodos con oxígeno requeridos en la cámara multiplicando el tiempo con oxígeno remanente en las paradas por 1.1, dividiendo el total por 30 minutos, entonces redondee el resultado al medio período próximo mayor. Un medio período (15 minutos a 50 pam) es el requerimiento mínimo.
8. Si la descompresión en superficie no es factible, continúe la descompresión con aire en el agua. Calcule el tiempo de parada con aire remanente en la profundidad del incidente multiplicando el tiempo de parada con oxígeno remanente en esta profundidad por la proporción del tiempo de la parada con aire al tiempo de oxígeno en esta profundidad. Si el cambio a aire ocurre a 30 pam, calcule el tiempo de parada con aire remanente a 30 pam, entonces tome la parada con aire a 20 pam completa, como está prescrita en la Tabla de Descompresión con Aire.
9. Si no es posible verificar que el buzo afectado está respirando, deje al buzo no afectado en la parada para completar la descompresión, y saque a superficie al buzo afectado y al buzo standby a 30 pam/min. El buzo standby debe intentar mantener una vía aérea abierta en el buzo afectado durante el ascenso. En la superficie, el buzo afectado debe recibir cualquier soporte de vías aéreas necesario y ser recomprimido inmediatamente, y tratado por embolismo gaseoso arterial de acuerdo con la [Figura 20-1](#).

9-12.6 Intervalo en Superficie Mayor que 5 Minutos

Si el tiempo desde que deja 40 pam en el agua al momento de arribar a 50 pam en la cámara durante la descompresión en superficie excede a 5 minutos, tome la siguiente acción:

1. Si el intervalo en superficie es más de 5 minutos pero menos que o igual a 7 minutos, incremente el tiempo con oxígeno a 50 pam de 15 a 30 minutos, esto es, añada un medio período con oxígeno en la parada de 50 pam en la cámara. Ascienda a 40 pam durante el

subsecuente rompimiento con aire. La penalización de 15 minutos es considerada una parte del procedimiento de descompresión en superficie normal, no un procedimiento de emergencia.

Ejemplo: Los buzos se están descomprimiendo con una cédula SurDO₂ que requiere 1.5 periodos de respiración con oxígeno. Se toma 6 minutos y 20 segundos de viaje desde 40 pam a la superficie, desvestido de los buzos, y recomprimidos a 50 pam en la cámara. Los buzos son puestos con oxígeno a 50 pam en la cámara. Ellos respiraran oxígeno a 50 pam por los 15 minutos (un medio periodo) requeridos por la cédula original más 15 minutos adicionales para compensar por exceder el intervalo en superficie normal de 5 min. Una vez completados los 30 minutos con oxígeno a 50 pam, se quitarán las mascarillas para iniciar un rompimiento con aire de 5 minutos y ascenderán de 50 pam a 40 pam a 30 pam/min mientras respiran aire. Después de 5 minutos con aire, los buzos respirarán oxígeno por 30 minutos para completar el tiempo con oxígeno requerido a 40 pam en la cédula original. Después de 30 minutos con oxígeno a 40 pam, los buzos se quitarán las mascarillas y ascenderán a la superficie a 30 pam/min respirando aire. Ya que los buzos excedieron el intervalo en superficie normal de 5 minutos, el número total de periodos con oxígeno se incrementó de 1.5 a 2.0.

2. Si el intervalo en superficie es mayor que 7 minutos, continúe la compresión a la profundidad de 60 pam. Trate a los buzos con la [Tabla de Tratamiento 5](#) si la cédula original requirió 2 o menos periodos con oxígeno en la cámara. Trate a los buzos con la [Tabla de Tratamiento 6](#) si la cédula original requirió 2.5 o más periodos con oxígeno en la cámara.
3. En raras ocasiones un buzo no puede ser capaz de alcanzar los 50 pam en la cámara por dificultad en igualar la presión en el oído medio. En esta situación, puede usarse un procedimiento alternativo para descompresión en superficie con oxígeno. Comprima al buzo a la mayor profundidad que él pueda lograr inicialmente. Esto será normalmente menos que 20 pam. Inicie la respiración con oxígeno a esta profundidad. Continúe intentando comprimir al buzo a más profundidad gradualmente. Si la cédula de descompresión con aire o aire/oxígeno en el agua requirió solamente una parada a 20 pam en el agua, intente comprimir al buzo a 20 pam. Si la cédula de descompresión con aire o aire/oxígeno en el agua requirió una parada en el agua a 30 pam, intente comprimir al buzo a 30 pam. En cualquier caso, duplique el número de periodos con oxígeno en la cámara indicados en la tabla y tenga al buzo tomando estos períodos a cualquier profundidad que él es capaz de lograr. El tiempo con oxígeno inicia cuando el buzo va inicialmente con oxígeno. Interrumpa la respiración con oxígeno cada 60 minutos con un rompimiento con aire de 15 minutos. El rompimiento con aire no cuenta para el total de tiempo con oxígeno. Una vez completados los períodos de respiración con oxígeno saque al buzo a superficie a 30 pam/min. Observe cuidadosamente al buzo posterior al buceo por la instalación de enfermedad de descompresión. Este procedimiento de “manera de salir seguro” no se pretende que sea utilizado en lugar de los procedimientos de descompresión en superficie normales. No están permitidos los buceos repetitivos después de un buceo en el cual se utilizó el procedimiento de “manera de salir seguro”.

- 9-12.7 Enfermedad de Descompresión Durante el Intervalo en Superficie.** Si ocurren síntomas de enfermedad de descompresión Tipo I en el viaje desde 40 pam a la superficie durante la descompresión en superficie, o durante la fase de desvestido en superficie, comprima al buzo a 50 pam siguiendo los procedimientos de descompresión en superficie normales. Retrase el examen neurológico hasta que el buzo alcance la parada a 50 pam y esté con oxígeno. Si los síntomas Tipo I se resuelven durante la parada de 15 minutos a 50 pam, el intervalo en superficie fue de 5 minutos o menos, y no se encuentran signos neurológicos, incremente el tiempo con oxígeno a 50 pam de 15 a 30 minutos como se señaló arriba,

entonces continúe la descompresión normal por la cédula del buceo. Ascienda de 50 a 40 pam durante el subsecuente rompimiento con aire.

Si los síntomas Tipo I no se resuelven durante los 15 minutos de la parada a 50 pam o los síntomas se resuelven pero el intervalo en superficie fue mayor que 5 minutos, comprima al buzo a 60 pam con oxígeno. Trate al buzo con la [Tabla de Tratamiento 5](#) si la cédula original requirió 2 o menos períodos con oxígeno en la cámara. Trate al buzo con la [Tabla de Tratamiento 6](#) si la cédula original requirió 2.5 o más períodos con oxígeno en la cámara. El tiempo de la Tabla de Tratamiento inicia una vez que arriba a 60 pam. Siga las guías para tratamiento de enfermedad de descompresión dadas en el [Capítulo 20, Volumen 5](#).

Si ocurren síntomas de enfermedad de descompresión Tipo II durante el viaje de 40 pam a la superficie, durante la fase de desvestido en la superficie, o el examen neurológico a 50 pam es anormal, comprima al buzo a 60 pam con oxígeno. Trate al buzo con la [Tabla de Tratamiento 6](#). El tiempo de la Tabla de Tratamiento inicia una vez que arriba a 60 pam. Siga las guías para tratamiento de enfermedad de descompresión dadas en el [Capítulo 20, Volumen 5](#).

La [Tabla 9-2](#) resume la guía para el manejar un intervalo en superficie extendido y para manejar enfermedad de descompresión Tipo I durante el intervalo en superficie.

Tabla 9-2. Manejo de Intervalo en Superficie Extendido y Enfermedad de Descompresión Tipo I durante el Intervalo en Superficie.

Intervalo en Superficie (Nota 1)	Buzo Asintomático	Buzo Sintomático (EDD Tipo I)
5 minutos o menos	Siga la cédula original	Incremente el tiempo de O ₂ a 50 pam de 15 a 30 min (Nota 2)
Mayor de 5 minutos pero menor que o igual a 7 min	Incremente el tiempo de O ₂ a 50 pam de 15 a 30 min	Tabla de Tratamiento 5 si 2 o menos períodos SurDO ₂
Mayor que 7 min	Tabla de Tratamiento 5 si 2 o menos períodos SurDO ₂ Tabla de Tratamiento 6 si más de 2 períodos SurDO ₂	Tabla de Tratamiento 6 si más de 2 períodos SurDO ₂

Notas:

1. El intervalo en superficie es el tiempo desde que deja la parada en el agua a 40 pam a arribar a la parada a 50 pam en la cámara.
2. Los síntomas Tipo I deben resolverse completamente durante los primeros 15 minutos a 50 pam y un examen neurológico completo a 50 pam debe ser normal. Si los síntomas no se resuelven dentro de 15 min, trate al buzo con la [Tabla de Tratamiento 5 ó 6](#) como sea indicado por intervalos en superficie más largos que 5 min.
3. Si están presentes síntomas Tipo II en cualquier momento durante el intervalo en superficie o el examen neurológico a 50 pam es anormal, trate al buzo con la [Tabla de Tratamiento 6](#).

9-12.8 Pérdida del Suministro de Oxígeno en la Cámara

Por pérdida del suministro de oxígeno en la cámara, tenga al buzo respirando aire de la cámara. Si la pérdida es temporal, regrese al buzo a respirar oxígeno. Considere cualquier tiempo pasado con aire como tiempo muerto.

Si la pérdida del suministro de oxígeno es permanente, complete la descompresión en la cámara con nitrógeno 50% oxígeno 50% (preferible) o con aire. Si está disponible nitrógeno 50% oxígeno 50%, multiplique el tiempo de oxígeno remanente por 2 para obtener el equivalente de tiempo de descompresión en la cámara con 50/50. No se requieren rompimientos con aire cuando se respira 50/50. El buzo puede quitarse la mascarilla brevemente (por ejemplo, para beber líquidos). Considere cualquier tiempo pasado con aire como tiempo muerto. Si el aire de la cámara es el único gas disponible, multiplique el remanente de tiempo con oxígeno en la cámara por la proporción del tiempo con aire de las paradas en el agua a 30 y 20 pam al tiempo de oxígeno en estas profundidades, para obtener el equivalente de tiempo de descompresión con aire en la cámara. Ubique 10% del tiempo de aire equivalente o de 50/50 nitrógeno-oxígeno en la parada a 40 pam, 20% en la parada a 30 pam, y 70% en la parada a 20 pam. Si el buzo está en 50 pam cuando ocurre la pérdida, ascienda a 40 pam y empiece el tiempo de parada. Si la pérdida ocurrió a 30 pam, ubique 30% del tiempo de aire equivalente o de nitrógeno-oxígeno en la parada a 30 pam y 70% en la parada a 20 pam. Redondee los tiempos de parada al minuto completo próximo. Saque a los buzos a superficie una vez que completen la parada a 20 pam.

Ejemplo: Una cédula SurDO₂ indica dos períodos con oxígeno de 30 minutos en la cámara. El suministro de oxígeno de la cámara se perdió permanentemente después de 28 minutos con oxígeno a 50 y 40 pam. El aire de la cámara es el único gas disponible. El tiempo de oxígeno remanente es $(2 \times 30) - 28 = 32$ minutos. La cédula de descompresión original indica 52 y 140 minutos de paradas en el agua a 30 y 20 pam, para un total de tiempo de paradas con aire de 192 minutos. Los tiempos de paradas con oxígeno correspondientes son 13 y 34 minutos, para un total de tiempo de paradas con oxígeno de 47 min. La proporción de tiempo de paradas con aire al tiempo de paradas con oxígeno es $192/47 = 4.08$. El tiempo de oxígeno en la cámara remanente es $32 \times 4.08 = 131$ minutos. Este tiempo es ubicado como sigue: 13 min a 40 pam (131×0.1), 26 min a 30 pam (131×0.2), y 92 min a 20 pam (131×0.7).

9-12.9 Toxicidad por Oxígeno del SNC en la Cámara

Al primer signo de toxicidad por oxígeno del SNC, se le debe quitar el oxígeno al buzo y permitir que respire aire de la cámara. Quince minutos después de que todos los síntomas hayan cedido completamente, reasuma la respiración con oxígeno en el punto de interrupción. Si los síntomas se desarrollan otra vez, o el primer síntoma es una convulsión, tome la siguiente acción:

1. Remueva las mascarillas.
2. Despues de que todos los síntomas han cedido completamente, descomprima 10 pies a una velocidad de 1 pam/min. Por una convulsión, inicie el viaje cuando el paciente esté completamente relajado y respirando normalmente.
3. Reasuma la respiración con oxígeno en la menor profundidad en el punto de interrupción de la cédula.
4. Si ocurre otro síntoma después de ascender 10 pam, complete la descompresión con aire de la cámara. Calcule el tiempo con aire en la cámara remanente como se mostró en el párrafo 9-12.8. Si el buzo está en 40 pam, ubique 10% del tiempo de aire remanente en la parada a 40 pam, 20% en la parada a 30 pam, y 70% en la parada a 20 pam. Si el buzo

está en 30 pam, ubique 30 % del tiempo remanente en la parada a 30 pam y 70% en la parada a 20 pam. Redondee los tiempos de parada al minuto completo próximo. Saque a los buzos a superficie una vez completada la parada a 20 pam.

9-12.10 Descompresión Omitida Asintomática

Ciertas emergencias, tal como un ascenso descontrolado, un suministro de aire agotado, o lesión corporal, pueden interrumpir o impedir la descompresión requerida. Si el buzo muestra síntomas de enfermedad de descompresión o embolismo gaseoso arterial, es esencial el tratamiento inmediato utilizando la tabla de tratamiento de recompresión apropiada. Aún si el buzo no muestra síntomas, la descompresión omitida debe manejarse de alguna manera para evitar problemas posteriores.

La descompresión omitida puede o no ser planeada. La descompresión omitida planeada resulta cuando una condición se desarrolla a profundidad que requerirá que el buzo salga a superficie antes de completar todas las paradas de descompresión y cuando hay tiempo para considerar todas las opciones disponibles, la cámara de recompresión está lista, y todo el personal está alertado conforme evoluciona lo planeado. Las fallas en el equipo, buzo lesionado, o tormentas fuertes imprevistas, son ejemplos de estas situaciones. En la descompresión omitida no planeada, el buzo aparece súbitamente en la superficie sin previo aviso o faltando descompresión por alguna razón imprevista.

La [Tabla 9-3](#) resume el manejo de la descompresión omitida asintomática.

Tabla 9-3. Manejo de la Descompresión Omitida Asintomática

Parada de Descompresión Más Profunda Omitida	Intervalo en Superficie (Nota 1)	Acción	
		Cámara Disponible (Nota 2)	Cámara No Disponible
Ninguna	Cualquiera	Observe en superficie por 1 hora	
20 ó 30 pam	Menos de 1 min	Regrese a la profundidad de la parada. Incremente el tiempo de la parada por 1 minuto. Reasuma la descompresión de acuerdo a la cédula original	Regrese a la profundidad de la parada. Multiplique los tiempos de parada con aire u O ₂ a 30 y/o 20 pam por 1.5
	1 a 7 min	Use el Procedimiento de Descompresión en Superficie (Nota 3)	
	Más de 7 min	Tabla de Tratamiento 5 si 2 o menos períodos SurDO ₂ Tabla de Tratamiento 6 si más de 2 períodos SurDO ₂	
Más profundo que 30 pam	Cualquiera	Tabla de Tratamiento 6 (Nota 4)	Descienda a la profundidad de la primera parada. Siga la cédula a 30 pam. Cambie a O ₂ a 30 pam si está disponible. Multiplique los tiempos de parada con aire u O ₂ por 1.5

Notas:

- Para descompresión en superficie, el intervalo en superficie es el tiempo desde que deja la parada a arribar a profundidad en la cámara.
- Utilizar una cámara de recompresión es firmemente preferido sobre la descompresión en el agua para regresar al buzo a presión.
- Para intervalos en superficie mayores a 5 minutos pero menos que o igual a 7 minutos, incremente el tiempo de oxígeno a 50 pam de 15 a 30 minutos.
- Si un buzo pierde una parada a mayor profundidad que 50 pam, comprima a 165 pam e inicie [Tabla de Tratamiento 6A](#).

9-12.10.1 Paradas de Descompresión No Requeridas

Si un buzo hace un ascenso descontrolado a la superficie a una velocidad mayor que 30 pam/min, pero el buzo está dentro de los límites de no-descompresión, debe ser observado en la superficie por una hora para asegurarse que no se desarrollan síntomas de enfermedad de descompresión o embolismo gaseoso arterial. La recompresión no es necesaria a menos que desarrolle síntomas.

9-12.10.2 Paradas de Descompresión Omitidas a 30 y 20 pam

Si el buzo omite una o todo el tiempo de descompresión a 30 y/o 20 pam, tome la siguiente acción:

1. Si el buzo está en la superficie por menos de un minuto, regrese al buzo a la profundidad de la parada desde donde el vino, Incremente el tiempo de esta parada por un minuto. Reasuma la descompresión de acuerdo a la cédula original.
2. Si el buzo está en la superficie por 1 a 5 minutos y hay cámara de recompresión disponible en la estación de buceo, ponga al buzo en la cámara de recompresión y complete la descompresión utilizando descompresión en superficie. Si el buzo estaba con oxígeno en el momento de la omisión, calcule el número requerido de periodos con oxígeno en la cámara multiplicando el tiempo de oxígeno remanente en las paradas por 1.1, dividiendo el total por 30 minutos, entonces redondee el resultado al medio periodo próximo mayor. Si el buzo estuvo con aire en el momento de la omisión, primero calcule el equivalente de tiempo con oxígeno remanente de las paradas como se muestra en el [párrafo 9-8.3.2](#). Si la omisión ocurrió a 20 pam, use el tiempo de oxígeno remanente para calcular el número de periodos con oxígeno como se muestra arriba. Si la omisión ocurrió a 30 pam, calcule el tiempo con oxígeno remanente a 30 pam, entonces añada el tiempo con oxígeno mostrado en la tabla de descompresión a 20 pam para obtener el tiempo con oxígeno remanente total. Use el tiempo con oxígeno remanente total para calcular el número de periodos con oxígeno. En todos los casos, un medio periodo (15 minutos a 50 pam) es el requerimiento mínimo.
3. Si el buzo está en la superficie por más de 5 minutos pero menos que o igual a 7 minutos y hay una cámara de recompresión disponible en la estación de buceo, ponga al buzo en la cámara de recompresión y complete la descompresión utilizando descompresión en superficie como se señaló en el párrafo 2 anterior. Incremente el tiempo con oxígeno a 50 pam de 15 a 30 minutos.
4. Si el buzo está en la superficie por más de 7 minutos y hay una cámara de recompresión disponible en el sitio, trate al buzo con [Tabla de Tratamiento 5](#) si la cédula de descompresión en superficie para este buceo requirió dos o menos periodos con oxígeno en la cámara. Trate con [Tabla de Tratamiento 6](#) si la cédula de descompresión en superficie para este buceo requirió 2.5 o más periodos con oxígeno en la cámara.
5. Si el buzo está en la superficie por más de 1 minuto y no hay disponible una cámara de recompresión, regrese al buzo a la profundidad de la parada omitida. Complete la descompresión en el agua multiplicando las paradas con oxígeno o aire a 30 y/o 20 pam por 1.5.

9-12.10.3 Paradas de Descompresión Omitidas a Mayor Profundidad que 30 pam

Si el buzo omite parte o toda la parada de descompresión a 40 pam o más profundo y una cámara de recompresión está disponible en el sitio, trate al buzo con [Tabla de Tratamiento 6](#). Si una cámara de recompresión no está disponible en el sitio, regrese al buzo a la profundidad de la primera parada de descompresión. Siga la cédula de descompresión original a 30 pam.

A 30 pam, cambie al buzo con oxígeno si está disponible. Complete la descompresión desde 30 pam multiplicando las paradas con aire u oxígeno a 30 y 20 pam por 1.5.

9-12.11 **Enfermedad de Descompresión en el Agua**

En raras ocasiones, puede desarrollarse enfermedad de descompresión en el agua durante descompresiones prolongadas con aire o aire/oxígeno. El síntoma predominante normalmente será el dolor de articulaciones, pero manifestaciones más graves, tal como entumecimiento, debilidad, pérdida de la audición, y vértigo, también pueden ocurrir. Las enfermedades de descompresión es más probable que aparezcan a poca profundidad, justo antes de salir a superficie. Sin embargo, en algunos casos, han ocurrido durante el ascenso a la primera parada o poco después.

El manejo de enfermedad de descompresión en el agua será difícil en la mejor de las circunstancias. Aquí solo se pueden presentar las guías generales. La decisión de manejo debe hacerse en el sitio, tomando en cuenta todos los factores conocidos. Siempre que sea posible debe buscarse el consejo de un OMB.

9-12.11.1 **Buzo Permaneciendo en el Agua.** Si el buzo indica que tiene enfermedad de descompresión pero siente que puede permanecer en el agua:

1. Despliegue al buzo standby para asistir al buzo. Continúe la descompresión de los otros buzos de acuerdo a la cédula original.
2. Si el buzo está en descompresión con aire a 30 ó 20 pam, cámbielo a oxígeno 100% si está disponible.
3. Haga que el buzo descienda 10 pam. Si no se obtiene alivio significativo de los síntomas, haga que el buzo descienda 10 pam adicionales, pero no más profundo que 40 pam si el buzo está con oxígeno.
4. Permanezca en la profundidad de tratamiento por al menos 30 minutos.
5. Si el buzo está con aire, reasuma la descompresión desde la profundidad de tratamiento multiplicando los tiempos de parada con aire u oxígeno subsecuentes en la Tabla de Descompresión con Aire por 1.5. Si la recompresión fue a mayor profundidad que la profundidad de la primera parada de la cédula de descompresión con aire original, inserte paradas intermedias en incrementos de 10 pam entre la profundidad de tratamiento y la profundidad de la primera parada original, igual a 1.5 veces el tiempo de la primera parada original.
6. Si el buzo está bajo tratamiento con oxígeno a 40 pam, regréselo a la superficie multiplicando los tiempos de parada con oxígeno a 30 y 20 pam por 1.5. Si la cédula original no indica una parada con oxígeno a 30 pam, inserte una parada con oxígeno a 30 pam con un tiempo de parada igual al tiempo de la parada a 20 pam.
7. Si el buzo está bajo tratamiento con oxígeno a 30 pam, regréselo a la superficie multiplicando el tiempo de la parada con oxígeno a 20 pam por 1.5.
8. Si el buzo está libre de síntomas una vez llegando a superficie, póngalo con oxígeno, transpórtelo a la cámara de recompresión más cercana, y trate con [Tabla de Tratamiento 5](#). Este requerimiento puede ser descartado en buceos realizados en localizaciones remotas que no tienen cámaras de recompresión dentro de una distancia de viaje razonable. Si el buzo no está libre de síntomas una vez en superficie, transpórtelo a la cámara más cercana y trate con Tabla [de Tratamiento 6](#).

9. Si está disponible una cámara de recompresión en la estación de buceo, el supervisor de buceo puede elegir prescindir del tratamiento con recompresión en el agua y sacar al buzo a superficie para tratamiento en la cámara de recompresión, o tratar al buzo en el agua por 30 minutos para aliviar los síntomas, entonces sacarlo a superficie para el tratamiento adicional en la cámara de recompresión. En cualquier caso, el intervalo en superficie debe ser de 5 minutos o menos, y debe considerarse al buzo como que tiene enfermedad de descompresión Tipo II, aún si los síntomas son de Tipo I. Después de completar el tratamiento de recompresión, observe al buzo por al menos 6 horas. Si cualquier síntoma recurre, trate como una recurrencia de síntomas Tipo II.

- 9-12.11.2 Buzo Dejando el Agua.** Si el buzo indica que tiene enfermedad de descompresión y siente que no puede permanecer con seguridad en el agua:

1. Saque al buzo a superficie a una velocidad moderada (no exceder 30 pam/min).
2. Si está una cámara de recompresión el sitio, recomprima al buzo inmediatamente. La guía para selección y uso de las tablas de tratamiento están dadas en el [Capítulo 20](#).
3. Si una cámara de recompresión no está en el sitio, siga las guías de manejo dadas en el [Volumen 5](#).

9-13 BUCEO A ALTITUD

Debido a la reducida presión atmosférica, los buceos realizados a altitud requieren más descompresión que los buceos idénticos realizados al nivel del mar. Las tablas de descompresión con aire, por consiguiente, no pueden ser usadas como están escritas. Algunas organizaciones calculan tablas de descompresión específicas para usar en cada altitud. Una alternativa de aproximación es corregir el buceo de altitud para obtener un equivalente al buceo a nivel del mar, entonces se determinan los requerimientos de descompresión usando las tablas estándar. Este procedimiento es comúnmente conocido como la técnica de “Corrección Cruzada” y siempre cede un buceo al nivel del mar que es más profundo que el buceo de altitud real. Un equivalente a buceo a nivel del mar más profundo proporciona la descompresión extra necesaria para equilibrar los efectos del buceo a altitud.

- 9-13.1 Procedimiento de Corrección de Altitud.** Para aplicar la técnica de “Corrección Cruzada”, deben hacerse dos correcciones para buceo de altitud. Primero, la profundidad de buceo real debe corregirse para determinar la profundidad al nivel del mar equivalente. Segundo, las paradas de descompresión en la tabla de profundidad equivalente a nivel del mar deben corregirse para usar en altitud. Hablando estrictamente, la velocidad de ascenso también debe ser corregida, pero esta tercera corrección puede ser ignorada con seguridad.

- 9-13.1.1 Corrección de la Profundidad de Buceo.** La profundidad equivalente de un buceo a nivel del mar es determinada multiplicando la profundidad del buceo a altitud por la proporción de la presión atmosférica a nivel del mar con la presión atmosférica a altitud.

$$\text{Profundidad Equivalente (pam)} = \text{Profundidad a Altitud (pam)} \times \frac{\text{Presión a Nivel del Mar}}{\text{Presión a Altitud}}$$

Ejemplo: Un buzo hace un buceo a 60 pam a una altitud de 5,000 pies. La presión atmosférica medida a 5,000 pies es 843 milibares (0.832 ATA). La presión atmosférica a nivel del mar se asume que es 1013 milibares (1.000 ATA). La profundidad equivalente a nivel del mar es entonces:

$$\text{Profundidad Equivalente (pam)} = 60 \text{ pam} \times \frac{1.000 \text{ ATA}}{0.832 \text{ ATA}} = 72.1 \text{ pam}$$

- 9-13.1.2 Corrección de la Profundidad de las Paradas de Descompresión.** La profundidad de las paradas corregidas a altitud es calculada multiplicando la profundidad de una parada equivalente a nivel del mar por la proporción de la presión atmosférica a altitud con la presión atmosférica al nivel del mar. (Nota: esta proporción es inversa a la proporción de la fórmula de arriba).

$$\text{Prof. de la Parada a Altitud (pam)} = \text{Prof. de la Parada a Nivel del Mar (pam)} \times \frac{\text{Presión a Altitud}}{\text{Presión a Nivel del Mar}}$$

Ejemplo: Un buzo hace un buceo a una altitud de 5000 pies. Un buceo equivalente a nivel del mar requiere una parada de descompresión a 20 pam. La profundidad de la parada usada a altitud es entonces:

$$\text{Profundidad de la Parada a Altitud (pam)} = 20 \text{ pam} \times \frac{0.832 \text{ ATA}}{1.000 \text{ ATA}} = 16.6 \text{ pam}$$

Para simplificar los cálculos, la [Tabla 9-4](#) da las profundidades corregidas equivalentes a nivel del mar y las profundidades equivalentes de parada, para buceos de 10-190 pam y para altitudes de 1,000 a 10,000 pies, en incrementos de 1,000 pies. Para los cálculos exactos, refiérase al [Capítulo 2, Tabla 2-19](#) por la presión atmosférica a altitud.

- ADVERTENCIA** **La Tabla 9-4 no puede ser usada cuando se bucea con equipo que mantiene una presión parcial de oxígeno constante, tal como el MK 16 MOD 0 y el MK 16 MOD 1. Consulte a NAVSEA 00C por la guía específica cuando se bucea con MK 16 a altitudes más grandes que 1000 pies.**

- 9-13.2 Necesidad de Corrección.** No se requiere corrección para buceos realizados a altitudes entre el nivel del mar y 300 pies. El riesgo adicional asociado con estos buceos es mínimo. En altitudes entre 300 y 1,000 pies, se requiere corrección para los buceos a más profundidad que 145 pam (profundidad real). En altitudes arriba de 1,000 pies, se requiere corrección para todos los buceos.

- 9-13.3 Medición de la Profundidad en Altitud.** El método preferido para medir la profundidad a altitud es un manómetro mecánico o electrónico que pueda ser puesto a cero en el sitio del buceo. Una vez puesto en cero, no se requiere corrección adicional de la lectura.

Cuando se use una cámara de recompresión para la descompresión, ponga a cero los profundímetros de la cámara antes de realizar la descompresión en superficie.

La mayoría de los profundímetros mecánicos llevados por los buzos están sellados a una atmósfera de referencia, y no pueden ser ajustados para altitud. Así, leerán bajo durante todo un buceo a altitud. Un factor de corrección de 1 pam por cada 1,000 pies de altitud debe ser añadido a la lectura de un manómetro de referencia sellado antes de entrar a la [Tabla 9-4](#).

Los profundímetros neumáticos pueden usarse a altitud. Añada el factor de corrección del profundímetro neumático ([Tabla 9-1](#)) a la profundidad leída antes de entrar a la [Tabla 9-4](#). Los factores de corrección del profundímetro neumático no cambian a altitud.

Puede usarse una línea de sondeo o fatómetro para medir la profundidad si no está disponible un profundímetro apropiado. Estos dispositivos miden la distancia lineal debajo de la superficie del agua, no la presión del agua. Aunque el agua dulce es menos densa que el agua de mar, todos los buceos serán asumidos a ser realizados en agua de mar, así, no se harán correcciones basadas en la salinidad del agua. Entre en la [Tabla 9-4](#) directamente con la profundidad indicada en la línea o fatómetro.

Tabla 9-4. Profundidad Equivalente al Nivel del Mar (pam).

Profundidad Real (pam)	Altitud (pies)									
	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
10	10	15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	20	20	20	20	20	20	25	25	25
20	20	25	25	25	25	25	30	30	30	30
25	25	30	30	30	35	35	35	35	35	40
30	30	35	35	35	40	40	40	45	45	45
35	35	40	40	45	45	45	50	50	50	60
40	40	45	45	50	50	50	55	55	60	60
45	45	50	55	55	55	60	60	70	70	70
50	50	55	60	60	70	70	70	70	70	80
55	55	60	70	70	70	70	80	80	80	80
60	60	70	70	70	80	80	80	90	90	90
65	65	70	80	80	80	90	90	90	100	100
70	70	80	80	90	90	90	100	100	100	110
75	75	90	90	90	100	100	100	110	110	110
80	80	90	90	100	100	100	110	110	120	120
85	85	100	100	100	110	110	120	120	120	130
90	90	100	110	110	110	120	120	130	130	140
95	95	110	110	110	120	120	130	130	140	140
100	100	110	120	120	130	130	130	140	140	150
105	105	120	120	130	130	140	140	150	150	160
110	110	120	130	130	140	140	150	150	160	160
115	115	130	130	140	140	150	150	160	170	170
120	120	130	140	140	150	150	160	170	170	180
125	125	140	140	150	160	160	170	170	180	190
130	130	140	150	160	160	170	170	180	190	190
135	135	150	160	160	170	170	180	190	190	200
140	140	160	160	170	170	180	190	190	200	210
145	145	160	170	170	180	190	190	200	210	
150	160	170	170	180	190	190	200	210		
155	170	170	180	180	190	200	210			
160	170	180	180	190	200	200				
165	180	180	190	200	200					
170	180	190	190	200						
175	190	190	200							
180	190	200	210							
185	200	200								
190	200									
Tabla de paradas en el Agua	Profundidades de Parada Equivalentes (pam)									
	10	10	9	9	9	8	8	8	7	7
20	19	19	18	17	17	16	15	15	14	14
30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21
40	39	37	36	35	33	32	31	30	29	28
50	48	47	45	43	42	40	39	37	36	34
60	58	56	54	52	50	48	46	45	43	41

Nota: — = Límite de Exposición Excepcional

9-13.4

Equilibración a Altitud. Una vez ascendiendo a altitud, pasan dos cosas. La salida del exceso de nitrógeno del cuerpo viene en equilibrio con la más baja presión parcial de nitrógeno en la atmósfera. También empiezan una serie de complicados ajustes por la más baja presión parcial de oxígeno. El primer proceso es llamado equilibración; el segundo es llamado aclimatación. Se requieren aproximadamente 12 horas a altitud para la equilibración. Un período más largo se requiere para la aclimatación completa.

Si un buzo inicia un buceo a altitud dentro de las 12 horas de su arribo, el nitrógeno residual sobrante desde el nivel del mar debe ser tomado en cuenta. En efecto, el buceo inicial a altitud puede ser considerado un buceo repetitivo, siendo el primer buceo el ascenso desde el nivel del mar a la altitud. La [Tabla 9-5](#) da el grupo repetitivo asociado con un ascenso inicial a altitud. Usando este grupo y el tiempo a altitud antes de bucear, entre a la Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos Repetitivos con Aire ([Tabla 9-8](#)) para determinar un nuevo designador de grupo repetitivo, asociado con el período de equilibración. Determine la profundidad equivalente al nivel del mar para su buceo planeado usando la [Tabla 9-4](#). Desde su nuevo grupo repetitivo y la profundidad equivalente al nivel del mar, determine el tiempo de nitrógeno residual asociado con el buceo. Añada este tiempo al tiempo de fondo real del buceo. Si el buzo ha pasado suficiente tiempo a altitud para desaturarse más allá del grupo repetitivo A en la [Tabla 9-8](#), no es necesario añadir el tiempo de nitrógeno residual al tiempo de fondo. El buzo está “limpio”.

Ejemplo. Un buzo asciende rápidamente a 6,000 pies en un helicóptero y empieza un buceo a 100 pam 90 minutos después. ¿Qué tanto tiempo de nitrógeno residual debe ser agregado al buceo?

De la [Tabla 9-5](#), el grupo repetitivo una vez arribando a 6,000 pies es el Grupo E. Durante 90 minutos a altitud, el buzo se desaturará al Grupo D. De la [Tabla 9-4](#), la profundidad equivalente al nivel del mar para un buceo a 100 pam es 130 pam. De la [Tabla 9-8](#), el tiempo de nitrógeno residual para un buceo a 130 pam en Grupo D es 11 minutos. El buzo debe añadir 11 minutos al tiempo de fondo.

Tabla 9-5. Grupos Repetitivos Asociados con Ascenso Inicial a Altitud.

Altitud (pies)	Grupo Repetitivo
1000	A
2000	A
3000	B
4000	C
5000	D
6000	E
7000	F
8000	G
9000	H
10000	I

La [Tabla 9-5](#) también puede ser utilizada cuando un buzo que está totalmente equilibrado a una altitud, asciende para bucear a una altitud mayor. Entre en la [Tabla 9-5](#) con la diferencia entre las dos altitudes para determinar un grupo repetitivo inicial.

Ejemplo. Los buzos equilibrados en un campamento base a 6,000 pies de altitud, vuelan en helicóptero al sitio de buceo a 10,000 pies. La diferencia entre las altitudes es 4,000 pies. De la [Tabla 9-5](#), el grupo repetitivo inicial a ser usado a 10,000 pies es el Grupo C.

ADVERTENCIA

Altitudes por arriba de 10,000 pies pueden imponer serio estrés en el cuerpo, resultando en problemas médicos significativos mientras el proceso de

aclimatación toma lugar. El ascenso a estas altitudes debe ser lento para permitir que ocurra la aclimatación y pueden ser requeridas drogas profilácticas para prevenir la ocurrencia de enfermedad de altitud. Estas exposiciones deben ser planeadas siempre en consulta con un Oficial Médico de Buceo. Los Comandos que realizan operaciones arriba de 10,000 pies pueden obtener los procedimientos de descompresión apropiados de NAVSEA 00C.

- 9-13.5** **Hoja de Trabajo de Buceo a Altitud.** La Figura 9-15 es una hoja de trabajo para buceo a altitud. Para determinar la Profundidad Equivalente al Nivel del Mar (PENM) y las paradas de descompresión corregidas para un buceo de altitud, siga los siguientes pasos:

9-13.5.1 Correcciones para la Profundidad de Buceo a Altitud y las Paradas en el Agua.

Línea 1. Determine la altitud del sitio de buceo por referencia a un mapa o mida la presión barométrica. De la Tabla 9-4, anote la altitud en pies que es igual a o próxima mayor que la altitud en el sitio de buceo.

Línea 2. Anote la profundidad real del buceo en pies de agua de mar.

NOTA Refiérase al párrafo 9-13.3 para corregir las lecturas del profundímetro del buzo para las profundidades reales a altitud.

Línea 3. Lea la Tabla 9-4 verticalmente hacia abajo en la Columna de Profundidad Real. Seleccione una profundidad que es igual a o próxima mayor que la profundidad real. Lea horizontalmente, seleccione la Profundidad Equivalente al Nivel del Mar correspondiente a una altitud igual o próxima mayor que la del sitio de su buceo.

9-13.5.2 Correcciones para Equilibración.

Línea 4. Anote el Grupo Repetitivo una vez arribando a altitud según la Tabla 9-5 para la altitud anotada en la Línea 1.

Línea 5. Registre el tiempo en horas y minutos de permanencia equilibrando a altitud antes del buceo. Si el tiempo de equilibración es más largo que el tiempo necesario para desaturar más allá del Grupo Repetitivo A en la Tabla 9-8, proceda al paso 7 y anote cero.

Línea 6. Usando la Tabla 9-8, determine el Grupo Repetitivo al final del intervalo de equilibración previo al buceo.

Línea 7. Usando la Tabla 9-8, determine el Tiempo de Nitrógeno Residual para el nuevo designador de grupo repetitivo de la línea 6 y la Profundidad Equivalente al Nivel del Mar de la línea 3.

Línea 8. Anote el tiempo de fondo planeado.

Línea 9. Sume el tiempo de fondo y el tiempo de nitrógeno residual para obtener el Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo.

Línea 10. Seleccione el modo de descompresión a ser usado, ej., aire/oxígeno en el agua.

Línea 11. Anote la Cédula de la Tabla de Descompresión con Aire usando la Profundidad Equivalente al Nivel del Mar de la línea 3 y el Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo de la línea 9.

Fecha: _____

HOJA DE TRABAJO DE BUCEO A ALTITUD

Altitud Real del Sitio de Buceo _____ pies

1. Altitud de la [Tabla 9-4](#) _____ pies
 2. Profundidad Real del Buceo (corregida por la [Sección 9-13.3](#)) _____ pam
 3. Profundidad Equivalente al Nivel del Mar de la [Tabla 9-4](#) _____ PENM
 4. Grupo Repetitivo de la [Tabla 9-5](#) _____
 5. Tiempo a Altitud _____ hrs _____ min
 6. Designador de Nuevo Grupo Repetitivo de la [Tabla 9-8](#) _____
 7. Tiempo de Nitrógeno Residual _____ min
 8. Tiempo de Fondo Planeado + _____ min
 9. Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo = _____ min
 10. Modo de Descompresión
 No-Descompresión Descompresión con Aire/Oxígeno en el Agua
 Descompresión con Aire en el Agua Descompresión en Superficie Usando Oxígeno
 11. Tabla/Cédula _____ / _____
 12. Cédula de Descompresión
- | Profundidad de Parada A Nivel del Mar | Profundidad de Parada A Altitud | Tiempo de Parada En el Agua | Tiempo de Parada en la Cámara |
|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 60 pam | _____ pam | _____ min | _____ min |
| 50 pam | _____ pam | _____ min | _____ min* |
| 40 pam | _____ pam | _____ min | _____ min* |
| 30 pam | _____ pam | _____ min | _____ min* |
| 20 pam | _____ pam | _____ min | _____ min |
13. Designador de Grupo Repetitivo _____
- * Las paradas en cámara con SurDO₂ serán a 50, 40 y 30 pam.

Figura 9-15. Hoja de Trabajo para Buceo a Altitud.

Línea 12. Usando la sección inferior de la [Tabla 9-4](#),lea hacia abajo la columna de Tabla de Paradas en el Agua a la izquierda, para la parada(s) de descompresión dada en la Tabla/Cédula de Profundidad Equivalente al Nivel del Mar. Lea horizontalmente para la columna de altitud. Registre las profundidades de parada a altitud correspondientes en la hoja de trabajo.

NOTA **Para buceos con descompresión en superficie usando oxígeno, las paradas en la cámara no se ajustan para altitud. Entre en las mismas profundidades como al nivel del mar. Manteniendo las profundidades de las paradas en la cámara igual como al nivel del mar, proporciona un beneficio de descompresión extra para el buzo con oxígeno.**

Línea 13. Registre el Designador de Grupo Repetitivo al final del buceo.

NOTA **Siga todos los procedimientos de la tabla de descompresión para ascenso y descenso.**

Ejemplo: Cinco horas después de arribar a una altitud de 7,750 pies, los buzos hacen un buceo de 60 minutos con aire para una profundidad manométrica de 75 pam. La profundidad es medida con un profundímetro neumático, teniendo un profundímetro no ajustable con una presión de referencia fija de una atmósfera. Será usada Descompresión en Superficie con oxígeno para la descompresión. ¿Cuál es la cédula de descompresión apropiada?

La altitud es primero redondeada hasta 8,000 pies. Debe agregarse una corrección a la profundidad de +8 pam a la máxima profundidad registrada en la referencia fija del manómetro. También debe ser agregado un factor de corrección del neumo-profundímetro de +1 pam. La profundidad real de los buzos es de 84 pam. Se entra en la [Tabla 9-4](#) en una profundidad real de 85 pam. La Profundidad Equivalente al Nivel del Mar para 8,000 pies de altitud es 120 pam. El grupo repetitivo una vez arribando a altitud de la [Tabla 9-5](#) es el Grupo G. Este cae al Grupo B durante las cinco horas a altitud previas al buceo. El tiempo de nitrógeno residual para el Grupo B a 120 pam es de 7 minutos. El tiempo de Buceo Sencillo Equivalente es entonces 67 minutos. La cédula de descompresión apropiada de la Tabla de Descompresión con Aire es 120 pam por 70 minutos. Por la cédula, se requieren una parada en el agua de 12 minutos con aire a 40 pam, seguida de dos y un medio periodos en la cámara. La parada en el agua es tomada a una profundidad de 30 pam. Las paradas en la cámara son tomadas en las profundidades de 50 y 40 pam.

La [Figura 9-16](#) muestra la Hoja de Trabajo para Buceo de Altitud completada para este buceo. La [Figura 9-17](#) muestra el Reporte de Buceo completado.

9-13.6 Buceos Repetitivos. Pueden ser realizados buceos repetitivos a altitud. Los procedimientos son idénticos a los del nivel del mar, con la excepción de que siempre es usada la profundidad de buceo equivalente al nivel del mar para remplazar la profundidad real del buceo. La [Figura 9-18](#) es una Hoja de Trabajo para Buceo Repetitivo a Altitud.

Ejemplo: Catorce horas después de ascender a una altitud de 7,750 pies, los buzos hacen un buceo a 82 pam por 50 minutos con MK 21 usando descompresión con aire/oxígeno en el agua. La profundidad es medida con un neumo profundímetro, teniendo un profundímetro ajustable para altitud. Después de dos horas y diez minutos en la superficie, ellos hacen un segundo buceo a 79 pam por 18 minutos y se descomprimen usando descompresión en superficie con oxígeno. ¿Cuál es la cédula de descompresión apropiada para el segundo buceo?

La altitud es primero redondeada hasta 8,000 pies. Para el primer buceo, debe agregarse una corrección a la profundidad de +1 pam a la lectura de los 82 pam del neumo profundímetro.

Fecha: 23 Oct. 07

HOJA DE TRABAJO DE BUCEO A ALTITUD

Altitud Real del Sitio de Buceo 7,750 pies

1. Altitud de la Tabla 9-4 8,000 pies
2. Profundidad Real del Buceo (corregida por la [Sección 9-13.3](#)) $75+8+1=84$ pam
3. Profundidad Equivalente al Nivel del Mar de la [Tabla 9-4](#) 120 PENM
4. Grupo Repetitivo de la [Tabla 9-5](#) G
5. Tiempo a Altitud 5 hrs min
6. Designador de Nuevo Grupo Repetitivo de la [Tabla 9-8](#) B
7. Tiempo de Nitrógeno Residual 7 min
8. Tiempo de Fondo Planeado + 60 min
9. Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo = 67 min

10. Modo de Descompresión

- No-Descompresión Descompresión con Aire/Oxígeno en el Agua
 Descompresión con Aire en el Agua Descompresión en Superficie Usando Oxígeno

11. Tabla/Cédula 120 / 70

12. Cédula de Descompresión

Profundidad de Parada A Nivel del Mar	Profundidad de Parada A Altitud	Tiempo de Parada En el Agua	Tiempo de Parada en la Cámara
60 pam	_____ pam	_____ min	_____ min
50 pam	_____ pam	_____ min	<u>15</u> min*
40 pam	<u>30</u> pam	<u>12</u> min	<u>$15+5+30+5+15$</u> min*
30 pam	_____ pam	_____ min	_____ min*
20 pam	_____ pam	_____ min	_____ min

13. Designador de Grupo Repetitivo _____

* Las paradas en cámara con SurDO₂ serán a 50, 40 y 30 pam.

Figura 9-16. Hoja de Trabajo de Buceo a Altitud Completada.

1246 Altitud 8000				
Fecha: 5 Sep. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂	
Buzo 1: ND1 Chaisson	Buzo 2: ND2 Hutcheson	Standby: ND1 Collins		
Equipo: MK-37 PSIG: 2900 %O ₂ :	Equipo: MK-37 PSIG: 2900 %O ₂ :	Equipo: MK-37 PSIG: 2900 %O ₂ :		
Supervisor: NDCM Orns	Elaboró: ND1 Saurez	Mezcla de fondo:		
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.
DS ó 20 pam		1000	Tiempo de descenso (agua)	:02
LLF		1002	Profundidad de canastilla (pam)	84
DF		1100	Profundidad Máxima (pam)	75+8+1=84
LL 1 ^{er} Parada		1102	Tiempo Total de Fondo	:60+:07=:67
190 pam			Tabla/Cédula	120/70 PENM
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:01::32
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:01::30
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	::02
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación	
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	:01
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)	:03::20
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)	::40
110 pam			Intervalo en Superficie SurD Total	:50
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)	:01::20
90 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO	
80 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
70 pam				
60 pam				
50 pam				
40 pam			RETRASOS EN EL ASCENSO	
30 pam	:12 (AIRE)	1114	PROFUNDIDAD	PROBLEMA
20 pam				
LLS		1115		
LLF CÁMARA		1119		
50 pam cámara	:15	1134	PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS	
40 pam cámara	:15+:5+:30+:5+:15	1244	AIRE	
30 pam cámara				Descompresión con Aire en el agua
LLS CÁMARA		1246		Descompresión Aire/O ₂ en el agua
TTD	TTB			✓ SurDO ₂
			HeO ₂	
1:46		2:46		Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua
				SurDO ₂
GRUPO REPETITIVO: No repetir				
Observaciones:				

Figura 9-17. Reporte de Buceo con Aire Completado: Buceo a Altitud.

HOJA DE TRABAJO DE BUCEO REPETITIVO A ALTITUD

Fecha: _____

1. BUCEO PREVIO

Modo de Descompresión

- _____ minutos No-Descompresión Descompresión con Aire/O₂ en el Agua
_____ PENM Descompresión con Aire en el Agua Descompresión en Superficie Usando O₂
_____ Letra del Designador de Grupo Repetitivo

2. INTERVALO EN SUPERFICIE

- _____ horas _____ minutos en superficie
_____ grupo repetitivo del punto 1 arriba
_____ letra del designador de nuevo grupo repetitivo de la Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual

3. TIEMPO DE NITROGENO RESIDUAL PARA BUCEO REPETITIVO

- Altitud de la Tabla 9-4 _____ pies
Profundidad Real de Buceo (corregida por la sección 9-13.3) _____ pam
Profundidad Equivalente al Nivel del Mar del buceo repetitivo de la Tabla 9-4 _____ PENM
_____ letra de designador de nuevo grupo repetitivo del punto 2 arriba
_____ minutos, tiempo de nitrógeno residual de la Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual

4. TIEMPO EQUIVALENTE DE BUCEO SENCILLO

- _____ minutos, tiempo de nitrógeno residual del punto 3 arriba o tiempo de fondo del buceo Sur D previo
+ _____ minutos, tiempo de fondo real del buceo repetitivo
= _____ minutos, tiempo equivalente de buceo sencillo

5. DESCOMPRESION PARA EL BUCEO REPETITIVO

- _____ PENM del buceo repetitivo
_____ minutos, tiempo equivalente del buceo sencillo del punto 4 arriba

Modo de Descompresión (marque una):

- No-Descompresión Descompresión con Aire/O₂ en el Agua
 Descompresión con Aire en el Agua Descompresión en Superficie Usando O₂
_____ cédula usada (profundidad/tiempo)

Profundidad de Parada A Nivel del Mar	Profundidad de Parada A Altitud	Tiempo de Parada En el Agua	Tiempo de Parada en la Cámara
60 pam	_____ pam	_____ min	_____ min*
50 pam	_____ pam	_____ min	_____ min*
40 pam	_____ pam	_____ min	_____ min*
30 pam	_____ pam	_____ min	_____ min*
20 pam	_____ pam	_____ min	

Designador de Grupo Repetitivo _____

* Las paradas en cámara con SurDO₂ serán a 50, 40 y 30 pam.

Figura 9-18. Hoja de Trabajo de Buceo Repetitivo a Altitud.

La profundidad real de los buzos en el primer buceo es 83 pam. Se entra a la [Tabla 9-4](#) en una profundidad real de 85 pam. La Profundidad Equivalente al Nivel del Mar para el primer buceo es 120 pam. La designación de grupo repetitivo una vez realizado el buceo de 50 minutos es el Grupo Z. Este cae al Grupo N durante las 2 horas 10 minutos del intervalo en superficie.

La profundidad real del segundo buceo es 80 pam (79 pam más 1 pam del factor de corrección del neumo-profundímetro). Se entra a la [Tabla 9-4](#) en una profundidad real de 80 pam. La Profundidad Equivalente al Nivel del Mar para el segundo buceo es 110 pam. El tiempo de nitrógeno residual para el Grupo N a 110 pam es 42 min. El tiempo equivalente de buceo sencillo, por consiguiente, es 60 minutos. La cédula de descompresión en superficie apropiada es 110 pam por 60 minutos. Esta cédula no requiere ninguna parada en el agua. Los buzos pasan 60 minutos con oxígeno (2 períodos de oxígeno) a 50 y 40 pam en la cámara de recompresión.

La [Figura 9-19](#) muestra la Hoja de Trabajo para Buceo Repetitivo a Altitud completada para estos dos buceos. La [Figura 9-20](#) y la [Figura 9-21](#) muestran los Reportes de Buceo completados para el primero y segundo buceos.

9-14 ASCENSO A ALTITUD DESPUES DE BUCEAR/VOLANDO DESPUES DE BUCEAR

Al dejar el sitio del buceo puede requerir ascender temporalmente a una mayor altitud. Por ejemplo, los buzos pueden dirigirse sobre un paso de montaña a mayor altitud o dejar el sitio de buceo por aire. El ascenso a altitud después de bucear incrementa el riesgo de enfermedad de descompresión por la reducción adicional de la presión atmosférica. A mayor altitud, mayor el riesgo. (Los vuelos en aviones comerciales presurizados son señalados en la Nota 3 de la [Tabla 9-6](#)).

La [Tabla 9-6](#) da el intervalo en superficie (horas:minutos) requeridos antes de hacer un ascenso adicional a altitud. El intervalo en superficie depende del incremento planeado en la altitud y el designador de grupo repetitivo más alto obtenido en las 24 horas previas. Entre en la tabla con el designador de grupo repetitivo más alto obtenido en las 24 horas previas. Lea el intervalo en superficie requerido de la columna para el cambio de altitud planeado.

Ejemplo: Un buzo sale a superficie de un buceo de no-descompresión a 60 pam por 60 minutos al nivel del mar en el Grupo Repetitivo K. Después de un intervalo en superficie de 6 horas 10 minutos, el buzo hace un segundo buceo a 30 pam por 20 minutos, quedando en el Grupo Repetitivo F. Él planea volar a casa en un avión comercial en el cual la presión de la cabina es controlada a 8,000 pies. ¿Cuál es el intervalo en superficie requerido antes de volar?

El incremento en la altitud planeado es de 8,000 pies. Ya que el buzo ha hecho dos buceos en las 24 horas previas, debe usar el designador de grupo repetitivo más alto de los dos buceos. Entre en la [Tabla 9-6](#) a 8,000 pies y lea hacia abajo para el grupo repetitivo K. El buzo debe esperar 15 horas y 35 minutos después de terminar el segundo buceo antes de volar.

Ejemplo: Una vez terminado un buceo a una altitud de 4,000 pies, el buzo planea ascender a 7,500 pies para cruzar un paso de montaña. El grupo repetitivo del buzo al salir a superficie es el Grupo I (N. de T. el original dice G). ¿Cuál es el intervalo en superficie requerido antes de cruzar el paso?

El incremento de altitud planeado es de 3,500 pies. Entre en la [Tabla 9-6](#) a 4,000 pies y lea hacia abajo para el grupo repetitivo I. El buzo debe esperar 2 horas y 45 minutos antes de cruzar el paso.

HOJA DE TRABAJO DE BUCEO REPETITIVO A ALTITUD

Fecha: 23 Oct. 07

1. BUCEO PREVIO

Modo de Descompresión

- 50 minutos No-Descompresión Descompresión con Aire/O₂ en el Agua
120 PENM Descompresión con Aire en el Agua Descompresión en Superficie Usando O₂
Z Letra del Designador de Grupo Repetitivo

2. INTERVALO EN SUPERFICIE

2 horas 10 minutos en superficie

Z grupo repetitivo del punto 1 arriba

N letra del designador de nuevo grupo repetitivo de la Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual

3. TIEMPO DE NITROGENO RESIDUAL PARA BUCEO REPETITIVO

Altitud de la Tabla 9-4	<u>8,000</u> pies
Profundidad Real de Buceo (corregida por la sección 9-13.3)	<u>79+1=80</u> pam
Profundidad Equivalente al Nivel del Mar del buceo repetitivo de la Tabla 9-4	<u>110</u> PENM
<u>N</u> letra de designador de nuevo grupo repetitivo del punto 2 arriba	
<u>42</u> minutos, tiempo de nitrógeno residual de la Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual	

4. TIEMPO EQUIVALENTE DE BUCEO SENCILLO

$$\begin{aligned} & \underline{42} \text{ minutos, tiempo de nitrógeno residual del punto 3 arriba o tiempo de fondo del buceo Sur D previo} \\ + & \underline{18} \text{ minutos, tiempo de fondo real del buceo repetitivo} \\ = & \underline{60} \text{ minutos, tiempo equivalente de buceo sencillo} \end{aligned}$$

5. DESCOMPRESION PARA EL BUCEO REPETITIVO

110 PENM del buceo repetitivo

60 minutos, tiempo equivalente del buceo sencillo del punto 4 arriba

Modo de Descompresión (marque una):

- No-Descompresión Descompresión con Aire/O₂ en el Agua
 Descompresión con Aire en el Agua Descompresión en Superficie Usando O₂
110/60 cédula usada (profundidad/tiempo)

Profundidad de Parada A Nivel del Mar	Profundidad de Parada A Altitud	Tiempo de Parada En el Agua	Tiempo de Parada en la Cámara
60 pam	pam	min	
50 pam	pam	min	<u>15</u> min*
40 pam	pam	min	<u>15+3+30</u> min*
30 pam	pam	min	
20 pam	pam	min	

Designador de Grupo Repetitivo _____

* Las paradas en cámara con SurDO₂ serán a 50, 40 y 30 pam.

Figura 9-19. Hoja de Trabajo de Buceo Repetitivo a Altitud Completado.

1038 Altitud 8000				
Fecha: 23 Oct. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂	
Buzo 1: ND1 Sullivan	Buzo 2: ND2 Schleef		Standby: ND2 Bartley	
Equipo: MK-21 PSIG: 2900 %O ₂ :	Equipo: MK-21 PSIG: 2900 %O ₂ :		Equipo: MK-21 PSIG: 2900 %O ₂ :	
Supervisor: NDCM Van Horn	Elaboró: ND2 Bradley		Mezcla de fondo:	
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.
DS ó 20 pam		0900	Tiempo de descenso (agua)	:02
LLF		0902	Profundidad de canastilla (pam)	82
DF		0950	Profundidad Máxima (pam)	82+1=83
LL 1 ^{er} Parada		0952	Tiempo Total de Fondo	:50
190 pam			Tabla/Cédula	120/50 PENM
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:01::44
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:01::44
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación	:02
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	::45
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)	
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)	
110 pam			Intervalo en Superficie SurD Total	
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)	
90 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO	
80 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
70 pam				
60 pam				
50 pam				
40 pam			RETRASOS EN EL ASCENSO	
30 pam	:02+:05	0959	PROFUNDIDAD	PROBLEMA
20 pam	:15+:05+:18	1037		
LLS		1038		
LLF CÁMARA			PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS	
50 pam cámara			AIRE	Descompresión con Aire en el agua
40 pam cámara				✓ Descompresión Aire/O ₂ en el agua
30 pam cámara				SurDO ₂
LLS CÁMARA				
TTD	TTB		HeO ₂	
:48	1:38			Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua
				SurDO ₂
			GRUPO REPETITIVO: Z	
Observaciones:				

Figura 9-20. Reporte de Buceo con Aire: Primer Buceo de Perfil de Buceo Repetitivo a Altitud.

1420 Altitud 8000				
Fecha: 23 Oct. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂	
Buzo 1: ND1 Sullivan	Buzo 2: ND2 Schleef		Standby: ND2 Bartley	
Equipo: MK-21 PSIG: 2900 %O ₂ :	Equipo: MK-21 PSIG: 2900 %O ₂ :		Equipo: MK-21 PSIG: 2900 %O ₂ :	
Supervisor: NDCM Van Horn	Elaboró: ND2 Bradley		Mezcla de fondo:	
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.
DS ó 20 pam		1248	Tiempo de descenso (agua)	:02
LLF		1250	Profundidad de canastilla (pam)	79
DF		1306	Profundidad Máxima (pam)	79+1=80
LL 1 ^{er} Parada		1309	Tiempo Total de Fondo	:18+:42=60
190 pam			Tabla/Cédula	110/60 PENM
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:02::40
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:02::38
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	::02
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación	
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	:01
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)	:02::30
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)	::50
110 pam			Intervalo en Superficie SurD Total	:04::20
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)	:01::20
90 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO	
80 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
70 pam				
60 pam				
50 pam				
40 pam			RETRASOS EN EL ASCENSO	
30 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
20 pam				
LLS		1309		
LLF CÁMARA		1313		
50 pam cámara	:15	1328	PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS	
40 pam cámara	:15+:5+:30	1418	AIRE	
30 pam cámara			<input type="checkbox"/>	Descompresión con Aire en el agua
LLS CÁMARA		1420	<input type="checkbox"/>	Descompresión Aire/O ₂ en el agua
TTD	TTB		<input checked="" type="checkbox"/>	SurDO ₂
	1:14		HeO ₂	
			<input type="checkbox"/>	Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua
			<input type="checkbox"/>	SurDO ₂
			GRUPO REPETITIVO: Z	
Observaciones:				

Figura 9-21. Reporte de Buceo con Aire: Segundo Buceo de Perfil de Buceo Repetitivo a Altitud.

Ejemplo: Una vez realizado un buceo a 2,000 pies, el buzo planea volar a casa en un avión no presurizado a 5,000 pies. El designador de grupo repetitivo al salir a superficie es el Grupo K. ¿Cuál es el intervalo en superficie requerido antes de volar?

El incremento en la altitud planeado es de 3,000 pies. Entre en la [Tabla 9-6](#) a 3,000 pies y lea hacia abajo para el Grupo Repetitivo K. El buzo debe esperar 3 horas y 47 minutos antes de tomar el vuelo.

Tabla 9-6. Intervalo en Superficie Requerido Antes de Ascender a Altitud Despues de Bucear.

Designador de Grupo Repetitivo	Incremento en la Altitud (pies)																		
	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000									
A	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00									
B	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:42									
C	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:48	6:23									
D	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:45	5:24	9:59									
E	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:37	4:39	8:18	12:54									
F	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	1:32	4:04	7:06	10:45	15:20									
G	0:00	0:00	0:00	0:00	1:19	3:38	6:10	9:13	12:52	17:27									
H	0:00	0:00	0:00	1:06	3:10	5:29	8:02	11:04	14:43	19:18									
I	0:00	0:00	0:56	2:45	4:50	7:09	9:41	12:44	16:22	20:58									
J	0:00	0:41	2:25	4:15	6:19	8:39	11:11	14:13	17:52	22:27									
K	0:30	2:03	3:47	5:37	7:41	10:00	12:33	15:35	19:14	23:49									
L	1:45	3:18	5:02	6:52	8:56	11:15	13:48	16:50	20:29	25:04									
M	2:54	4:28	6:12	8:01	10:06	12:25	14:57	18:00	21:38	26:14									
N	3:59	5:32	7:16	9:06	11:10	13:29	16:02	19:04	22:43	27:18									
O	4:59	6:33	8:17	10:06	12:11	14:30	17:02	20:05	23:43	28:19									
Z	5:56	7:29	9:13	11:03	13:07	15:26	17:59	21:01	24:40	29:15									
Exposición Excepcional		Esperar 48 horas antes de ascender																	
NOTA 1 Cuando utilice la Tabla 9-6 , use el designador de grupo repetitivo más alto obtenido en las 24 horas previas.																			
NOTA 2 La Tabla 9-6 solo puede ser usada cuando la altitud máxima alcanzada es 10,000 pies o menos. Para ascensos arriba de 10,000 pies, consulte a NAVSEA 00C para las guías.																			
NOTA 3 La presión de la cabina en los aviones comerciales es mantenida a un valor constante sin importar la altitud real del vuelo. Aunque la presión de la cabina varía algo con el tipo de avión, el valor nominal es de 8,000 pies. Para vuelos comerciales, use una altitud final de 8,000 pies para calcular el intervalo en superficie requerido antes de volar.																			
NOTA 4 No se requiere intervalo en superficie antes de tomar un vuelo comercial si el sitio del buceo está a 8,000 pies o más alto. En este caso, el volar resulta en un incremento en la presión atmosférica en lugar de una disminución.																			
NOTA 5 Para ascensos a altitud después de un buceo de no-saturación con helio-oxígeno, espere 12 horas si fue un buceo de no-descompresión. Espere 24 horas si fue un buceo con descompresión.																			

Tabla 9-7. Límites de No-Descompresión y Designadores de Grupo Repetitivo para Buceos con Aire de No-Descompresión.

Prof. (pam)	Limite Sin Paradas	Designación de Grupo Repetitivo															
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z
10	Ilimitado	57	101	158	245	426	*										
15	Ilimitado	36	60	88	121	163	217	297	449	*							
20	Ilimitado	26	43	61	82	106	133	165	205	256	330	461	*				
25	595	20	33	47	62	78	97	117	140	166	198	236	285	354	469	595	
30	371	17	27	38	50	62	76	91	107	125	145	167	193	223	260	307	371
35	232	14	23	32	42	52	63	74	87	100	115	131	148	168	190	215	232
40	163	12	20	27	36	44	53	63	73	84	95	108	121	135	151	163	
45	125	11	17	24	31	39	46	55	63	72	82	92	102	114	125		
50	92	9	15	21	28	34	41	48	56	63	71	80	89	92			
55	74	8	14	19	25	31	37	43	50	56	63	71	74				
60	60	7	12	17	22	28	33	39	45	51	57	60					
70	48	6	10	14	19	23	28	32	37	42	47	48					
80	39	5	9	12	16	20	24	28	32	36	39						
90	30	4	7	11	14	17	21	24	28	30							
100	25	4	6	9	12	15	18	21	25								
110	20	3	6	8	11	14	16	19	20								
120	15	3	5	7	10	12	15										
130	10	2	4	6	9	10											
140	10	2	4	6	8	10											
150	5	2	3	5													
160	5		3	5													
170	5			4	5												
180	5			4	5												
190	5			3	5												

* Grupos repetitivos más altos que pueden ser alcanzados a esta profundidad sin importar el tiempo de fondo

Tabla 9-8. Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos Repetitivos con Aire.

Localice la designación de grupo repetitivo del buzo de su buceo previo a lo largo de la línea diagonal a través de la tabla. Lea horizontalmente por el intervalo en el cual está situado el intervalo en superficie del buzo.

Después, lea verticalmente hacia abajo para la designación de nuevo grupo repetitivo. Continúe hacia abajo en la misma columna hasta la fila que representa la profundidad del buceo repetitivo. El tiempo dado en la intersección es el tiempo de nitrógeno residual, en minutos, para ser aplicado al buceo repetitivo

* Los buceos seguidos de un intervalo en superficie más largos que esto no son buceos repetitivos. Use los tiempos de fondo reales en las Tablas de Descompresión con Aire para calcular la descompresión de tales buceos.

		Grupo Repetitivo al Inicio del Intervalo en Superficie															Grupo Repetitivo al Final del Intervalo en Superficie																
		A :10 2:20*															B :10 1:17 3:36*																
		C :10 :56 2:12 4:31*															D :10 :53 1:48 3:04 5:23*																
		E :10 :53 2:39 3:55 6:15*															F :10 :53 2:38 3:32 4:49 7:08*																
		G :10 :53 1:45 2:38 3:30 4:24 5:41 8:00*															H :10 :53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:09 7:25 9:44*																
		I :10 :53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 7:01 8:17 10:36*															J :10 :53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 7:00 8:16 10:16*																
		K :10 :53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 6:59 7:53 9:10 11:29*															L :10 :53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 6:59 7:51 8:45 10:02 12:21*																
		M :10 :53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 6:59 7:51 8:43 9:38 10:54 13:13*															N :10 :53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 6:59 7:51 8:43 9:35 10:30 11:46 14:05*																
		O :10 :53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 6:59 7:51 8:43 9:35 10:28 11:22 12:38 14:58*															Z :10 :53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 6:59 7:51 8:43 9:35 10:28 11:20 12:14 13:31 15:50*																
Profundidad de Buceo		Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
10	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	427	246	159	101	58																		
15	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	450	298	218	164	122	89	61	37															
20	**	**	**	**	**	462	331	257	206	166	134	106	83	62	44	27																	
25	†	†	470	354	286	237	198	167	141	118	98	79	63	48	34	21																	
30	372	308	261	224	194	168	146	126	108	92	77	63	51	39	28	18																	
35	245	216	191	169	149	132	116	101	88	75	64	53	43	33	24	15																	
40	188	169	152	136	122	109	97	85	74	64	55	45	37	29	21	13																	
45	154	140	127	115	104	93	83	73	64	56	48	40	32	25	18	12																	
50	131	120	109	99	90	81	73	65	57	49	42	35	29	23	17	11																	
55	114	105	96	88	80	72	65	58	51	44	38	32	26	20	15	10																	
60	101	93	86	79	72	65	58	52	46	40	35	29	24	19	14	9																	
70	83	77	71	65	59	54	49	44	39	34	29	25	20	16	12	8																	
80	70	65	60	55	51	46	42	38	33	29	25	22	18	14	10	7																	
90	61	57	52	48	44	41	37	33	29	26	22	19	16	12	9	6																	
100	54	50	47	43	40	36	33	30	26	23	20	17	14	11	8	5																	
110	48	45	42	39	36	33	30	27	24	21	18	16	13	10	8	5																	
120	44	41	38	35	32	30	27	25	22	19	17	14	12	9	7	5																	
130	40	37	35	32	30	27	25	22	20	18	15	13	11	9	6	4																	
140	37	34	32	30	27	25	23	21	19	16	14	12	10	8	6	4																	
150	34	32	30	28	26	23	21	19	17	15	13	11	9	8	6	4																	
160	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	13	11	9	7	5	4																	
170	30	28	26	24	22	21	19	17	15	14	12	10	8	7	5	3																	
180	28	26	25	23	21	19	18	16	14	13	11	10	8	6	5	3																	
190	26	25	23	22	20	18	17	15	14	12	11	9	8	6	5	3																	

Tiempos de Nitrógeno Residual (Minutos)

** El Tiempo de Nitrógeno Residual no puede determinarse utilizando esta tabla (ver párrafo 9-9.1 subpárrafo 8 por instrucciones)

† Lea verticalmente hacia abajo a la profundidad de buceo repetitivo de 30 pam. Use los tiempos de nitrógeno residual correspondientes para calcular el tiempo equivalente de buceo sencillo. Descomprima usando 30 pam en la tabla de descompresión con aire.

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire.
 (VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo
			100	90	80	70	60	50	40	30	20			
30 PAM														
371	1:00	AIRE									0	1:00	0	Z
		AIRE/O ₂									0	1:00		
380	0:20	AIRE									5	6:00	0.5	Z
		AIRE/O ₂									1	2:00		
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----														
420	0:20	AIRE									22	23:00	0.5	Z
		AIRE/O ₂									5	6:00		
480	0:20	AIRE									42	43:00	0.5	
		AIRE/O ₂									9	10:00		
540	0:20	AIRE									71	72:00	1	
		AIRE/O ₂									14	15:00		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----														
600	0:20	AIRE									92	93:00	1	
		AIRE/O ₂									19	20:00		
660	0:20	AIRE									120	121:00	1	
		AIRE/O ₂									22	23:00		
720	0:20	AIRE									158	159:00	1	
		AIRE/O ₂									27	28:00		
35 PAM														
232	1:10	AIRE									0	1:10	0	Z
		AIRE/O ₂									0	1:10		
240	0:30	AIRE									4	5:10	0.5	Z
		AIRE/O ₂									2	3:10		
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----														
270	0:30	AIRE									28	29:10	0.5	Z
		AIRE/O ₂									7	8:10		
300	0:30	AIRE									53	54:10	0.5	Z
		AIRE/O ₂									13	14:10		
330	0:30	AIRE									71	72:10	1	Z
		AIRE/O ₂									18	19:10		
360	0:30	AIRE									88	89:10	1	
		AIRE/O ₂									22	23:10		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----														
420	0:30	AIRE									134	135:10	1.5	
		AIRE/O ₂									29	30:10		
480	0:30	AIRE									173	174:10	1.5	
		AIRE/O ₂									38	44:10		
540	0:30	AIRE									228	229:10	2	
		AIRE/O ₂									45	51:10		
600	0:30	AIRE									277	278:10	2	
		AIRE/O ₂									53	59:10		
660	0:30	AIRE									314	315:10	2.5	
		AIRE/O ₂									63	69:10		
720	0:30	AIRE									342	343:10	3	
		AIRE/O ₂									71	82:10		

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)								Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo
			100	90	80	70	60	50	40	30			
40 PAM													
163	1:20	AIRE								0	1:20	0	O
		AIRE/O ₂								0	1:20		
170	0:40	AIRE								6	7:20	0.5	O
		AIRE/O ₂								2	3:20		
180	0:40	AIRE								14	15:20	0.5	Z
		AIRE/O ₂								5	6:20		
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂													
190	0:40	AIRE								21	22:20	0.5	Z
		AIRE/O ₂								7	8:20		
200	0:40	AIRE								27	28:20	0.5	Z
		AIRE/O ₂								9	10:20		
210	0:40	AIRE								39	40:20	0.5	Z
		AIRE/O ₂								11	12:20		
220	0:40	AIRE								52	53:20	0.5	Z
		AIRE/O ₂								12	13:20		
230	0:40	AIRE								64	65:20	1	Z
		AIRE/O ₂								16	17:20		
240	0:40	AIRE								75	76:20	1	Z
		AIRE/O ₂								19	20:20		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----													
270	0:40	AIRE								101	102:20	1	Z
		AIRE/O ₂								26	27:20		
300	0:40	AIRE								128	129:20	1.5	
		AIRE/O ₂								33	34:20		
330	0:40	AIRE								160	161:20	1.5	
		AIRE/O ₂								38	44:20		
360	0:40	AIRE								184	185:20	2	
		AIRE/O ₂								44	50:20		
420	0:40	AIRE								248	249:20	2.5	
		AIRE/O ₂								56	62:20		
480	0:40	AIRE								321	322:20	2.5	
		AIRE/O ₂								68	79:20		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----													
540	0:40	AIRE								372	373:20	3	
		AIRE/O ₂								80	91:20		
600	0:40	AIRE								410	411:20	3.5	
		AIRE/O ₂								93	104:20		
660	0:40	AIRE								439	440:20	4	
		AIRE/O ₂								103	119:20		
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----													
720	0:40	AIRE								461	462:20	4.5	
		AIRE/O ₂								112	128:20		

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)										Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo
			100	90	80	70	60	50	40	30	20				
45 PAM															
125	1:30	AIRE										0	1:30	0	N
		AIRE/O ₂										0	1:30		
130	0:50	AIRE										2	3:30	0.5	O
		AIRE/O ₂										1	2:30		
140	0:50	AIRE										14	15:30	0.5	O
		AIRE/O ₂										5	6:30		
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----															
150	0:50	AIRE										25	26:30	0.5	Z
		AIRE/O ₂										8	9:30		
160	0:50	AIRE										34	35:30	0.5	Z
		AIRE/O ₂										11	12:30		
170	0:50	AIRE										41	42:30	1	Z
		AIRE/O ₂										14	15:30		
180	0:50	AIRE										59	60:30	1	Z
		AIRE/O ₂										17	18:30		
190	0:50	AIRE										75	76:30	1	Z
		AIRE/O ₂										19	20:30		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----															
200	0:50	AIRE										89	90:30	1	Z
		AIRE/O ₂										23	24:30		
210	0:50	AIRE										101	102:30	1	Z
		AIRE/O ₂										27	28:30		
220	0:50	AIRE										112	113:30	1.5	Z
		AIRE/O ₂										30	31:30		
230	0:50	AIRE										121	122:30	1.5	Z
		AIRE/O ₂										33	34:30		
240	0:50	AIRE										130	131:30	1.5	Z
		AIRE/O ₂										37	43:30		
270	0:50	AIRE										173	174:30	2	
		AIRE/O ₂										45	51:30		
300	0:50	AIRE										206	207:30	2	
		AIRE/O ₂										51	57:30		
330	0:50	AIRE										243	244:30	2.5	
		AIRE/O ₂										61	67:30		
360	0:50	AIRE										288	289:30	3	
		AIRE/O ₂										69	80:30		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----															
420	0:50	AIRE										373	374:30	3.5	
		AIRE/O ₂										84	95:30		
480	0:50	AIRE										431	432:30	4	
		AIRE/O ₂										101	117:30		
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----															
540	0:50	AIRE										473	474:30	4.5	
		AIRE/O ₂										117	133:30		

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo
			100	90	80	70	60	50	40	30	20			
50 PAM														
92	1:40	AIRE									0	1:40	0	M
		AIRE/O ₂									0	1:40		
95	1:00	AIRE									2	3:40	0.5	M
		AIRE/O ₂									1	2:40		
100	1:00	AIRE									4	5:40	0.5	N
		AIRE/O ₂									2	3:40		
110	1:00	AIRE									8	9:40	0.5	O
		AIRE/O ₂									4	5:40		
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----														
120	1:00	AIRE									21	22:40	0.5	O
		AIRE/O ₂									7	8:40		
130	1:00	AIRE									34	35:40	0.5	Z
		AIRE/O ₂									12	13:40		
140	1:00	AIRE									45	46:40	1	Z
		AIRE/O ₂									16	17:40		
150	1:00	AIRE									56	57:40	1	Z
		AIRE/O ₂									19	20:40		
160	1:00	AIRE									78	79:40	1	Z
		AIRE/O ₂									23	24:40		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida ----														
170	1:00	AIRE									96	97:40	1	Z
		AIRE/O ₂									26	27:40		
180	1:00	AIRE									111	112:40	1.5	Z
		AIRE/O ₂									30	31:40		
190	1:00	AIRE									125	126:40	1.5	Z
		AIRE/O ₂									35	36:40		
200	1:00	AIRE									136	137:40	1.5	Z
		AIRE/O ₂									39	45:40		
210	1:00	AIRE									147	148:40	2	
		AIRE/O ₂									43	49:40		
220	1:00	AIRE									166	167:40	2	
		AIRE/O ₂									47	53:40		
230	1:00	AIRE									183	184:40	2	
		AIRE/O ₂									50	56:40		
240	1:00	AIRE									198	199:40	2	
		AIRE/O ₂									53	59:40		
270	1:00	AIRE									236	237:40	2.5	
		AIRE/O ₂									62	68:40		
300	1:00	AIRE									285	286:40	3	
		AIRE/O ₂									74	85:40		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----														
330	1:00	AIRE									345	346:40	3.5	
		AIRE/O ₂									83	94:40		
360	1:00	AIRE									393	394:40	3.5	
		AIRE/O ₂									92	103:40		
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----														
420	1:00	AIRE									464	465:40	4.5	
		AIRE/O ₂									113	129:40		

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
 (VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)										Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo
			100	90	80	70	60	50	40	30	20				
55 PAM															
74	1:50	AIRE										0	1:50	0	L
		AIRE/O ₂										0	1:50		
75	1:10	AIRE										1	2:50	0.5	L
		AIRE/O ₂										1	2:50		
80	1:10	AIRE										4	5:50	0.5	M
		AIRE/O ₂										2	3:50		
90	1:10	AIRE										10	11:50	0.5	N
		AIRE/O ₂										5	6:50		
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----															
100	1:10	AIRE										17	18:50	0.5	O
		AIRE/O ₂										8	9:50		
110	1:10	AIRE										34	35:50	0.5	O
		AIRE/O ₂										12	13:50		
120	1:10	AIRE										48	49:50	1	Z
		AIRE/O ₂										17	18:50		
130	1:10	AIRE										59	60:50	1	Z
		AIRE/O ₂										22	23:50		
140	1:10	AIRE										84	85:50	1	Z
		AIRE/O ₂										26	27:50		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----															
150	1:10	AIRE										105	106:50	1.5	Z
		AIRE/O ₂										30	31:50		
160	1:10	AIRE										123	124:50	1.5	Z
		AIRE/O ₂										34	35:50		
170	1:10	AIRE										138	139:50	1.5	Z
		AIRE/O ₂										40	46:50		
180	1:10	AIRE										151	152:50	2	Z
		AIRE/O ₂										45	51:50		
190	1:10	AIRE										169	170:50	2	
		AIRE/O ₂										50	56:50		
200	1:10	AIRE										190	191:50	2	
		AIRE/O ₂										54	60:50		
210	1:10	AIRE										208	209:50	2.5	
		AIRE/O ₂										58	64:50		
220	1:10	AIRE										224	225:50	2.5	
		AIRE/O ₂										62	68:50		
230	1:10	AIRE										239	240:50	2.5	
		AIRE/O ₂										66	77:50		
240	1:10	AIRE										254	255:50	3	
		AIRE/O ₂										69	80:50		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----															
270	1:10	AIRE										313	314:50	3.5	
		AIRE/O ₂										83	94:50		
300	1:10	AIRE										380	381:50	3.5	
		AIRE/O ₂										94	105:50		
330	1:10	AIRE										432	433:50	4	
		AIRE/O ₂										106	122:50		
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----															
360	1:10	AIRE										474	475:50	4.5	
		AIRE/O ₂										118	134:50		

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo
			100	90	80	70	60	50	40	30	20			
60 PAM														
60	2:00	AIRE									0	2:00	0	K
		AIRE/O ₂									0	2:00		
65	1:20	AIRE									2	4:00	0.5	L
		AIRE/O ₂									1	3:00		
70	1:20	AIRE									7	9:00	0.5	L
		AIRE/O ₂									4	6:00		
80	1:20	AIRE									14	16:00	0.5	N
		AIRE/O ₂									7	9:00		
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂														
90	1:20	AIRE									23	25:00	0.5	O
		AIRE/O ₂									10	12:00		
100	1:20	AIRE									42	44:00	1	Z
		AIRE/O ₂									15	17:00		
110	1:20	AIRE									57	59:00	1	Z
		AIRE/O ₂									21	23:00		
120	1:20	AIRE									75	77:00	1	Z
		AIRE/O ₂									26	28:00		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----														
130	1:20	AIRE									102	104:00	1.5	Z
		AIRE/O ₂									31	33:00		
140	1:20	AIRE									124	126:00	1.5	Z
		AIRE/O ₂									35	37:00		
150	1:20	AIRE									143	145:00	2	Z
		AIRE/O ₂									41	48:00		
160	1:20	AIRE									158	160:00	2	Z
		AIRE/O ₂									48	55:00		
170	1:20	AIRE									178	180:00	2	
		AIRE/O ₂									53	60:00		
180	1:20	AIRE									201	203:00	2:5	
		AIRE/O ₂									59	66:00		
190	1:20	AIRE									222	224:00	2.5	
		AIRE/O ₂									64	71:00		
200	1:20	AIRE									240	242:00	2.5	
		AIRE/O ₂									68	80:00		
210	1:20	AIRE									256	258:00	3	
		AIRE/O ₂									73	85:00		
220	1:20	AIRE									278	280:00	3	
		AIRE/O ₂									77	89:00		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----														
230	1:20	AIRE									300	302:00	3.5	
		AIRE/O ₂									82	94:00		
240	1:20	AIRE									321	323:00	3.5	
		AIRE/O ₂									88	100:00		
270	1:20	AIRE									398	400:00	4	
		AIRE/O ₂									102	119:00		
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----														
300	1:20	AIRE									456	458:00	4.5	
		AIRE/O ₂									115	132:00		

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo
			100	90	80	70	60	50	40	30	20			
70 PAM														
48	2:20	AIRE									0	2:20	0	K
		AIRE/O ₂									0	2:20		
50	1:40	AIRE									2	4:20	0.5	K
		AIRE/O ₂									1	3:20		
55	1:40	AIRE									9	11:20	0.5	L
		AIRE/O ₂									5	7:20		
60	1:40	AIRE									14	16:20	0.5	M
		AIRE/O ₂									8	10:20		
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----														
70	1:40	AIRE									24	26:20	0.5	N
		AIRE/O ₂									13	15:20		
80	1:40	AIRE									44	46:20	1	O
		AIRE/O ₂									17	19:20		
90	1:40	AIRE									64	66:20	1	Z
		AIRE/O ₂									24	26:20		
100	1:40	AIRE									88	90:20	1.5	Z
		AIRE/O ₂									31	33:20		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----														
110	1:40	AIRE									120	122:20	1.5	Z
		AIRE/O ₂									38	45:20		
120	1:40	AIRE									145	147:20	2	Z
		AIRE/O ₂									44	51:20		
130	1:40	AIRE									167	169:20	2	Z
		AIRE/O ₂									51	58:20		
140	1:40	AIRE									189	191:20	2.5	
		AIRE/O ₂									59	66:20		
150	1:40	AIRE									219	221:20	2.5	
		AIRE/O ₂									66	78:20		
160	1:20	AIRE								1	244	247:00	3	
		AIRE/O ₂								1	72	85:00		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----														
170	1:20	AIRE									2	265	269:00	3
		AIRE/O ₂									1	78	91:00	
180	1:20	AIRE									4	289	295:00	3.5
		AIRE/O ₂									2	83	97:00	
190	1:20	AIRE									5	316	323:00	3.5
		AIRE/O ₂									3	88	103:00	
200	1:20	AIRE									9	345	356:00	4
		AIRE/O ₂									5	93	115:00	
210	1:20	AIRE									13	378	393:00	4
		AIRE/O ₂									7	98	122:00	
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----														
240	1:20	AIRE									25	454	481:00	5
		AIRE/O ₂									13	110	140:00	

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo	
			100	90	80	70	60	50	40	30	20				
80 PAM															
39	2:40	AIRE									0	2:40	0	J	
		AIRE/O ₂									0	2:40			
40	2:00	AIRE									1	3:40	0.5	J	
		AIRE/O ₂									1	3:40			
45	2:00	AIRE									10	12:40	0.5	K	
		AIRE/O ₂									5	7:40			
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----															
50	2:00	AIRE									17	19:40	0.5	M	
		AIRE/O ₂									9	11:40			
55	2:00	AIRE									24	26:40	0.5	M	
		AIRE/O ₂									13	15:40			
60	2:00	AIRE									30	32:40	1	N	
		AIRE/O ₂									16	18:40			
70	2:00	AIRE									54	56:40	1	O	
		AIRE/O ₂									22	24:40			
80	2:00	AIRE									77	79:40	1.5	Z	
		AIRE/O ₂									30	32:40			
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida ----															
90	2:00	AIRE									114	116:40	1.5	Z	
		AIRE/O ₂									39	46:40			
100	1:40	AIRE									1	147	150:20	2	Z
		AIRE/O ₂									1	46	54:20		
110	1:40	AIRE									6	171	179:20	2	Z
		AIRE/O ₂									3	51	61:20		
120	1:40	AIRE									10	200	212:20	2.5	
		AIRE/O ₂									5	59	71:20		
130	1:40	AIRE									14	232	248:20	3	
		AIRE/O ₂									7	67	86:20		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----															
140	1:40	AIRE									17	258	277:20	3.5	
		AIRE/O ₂									9	73	94:20		
150	1:40	AIRE									19	285	306:20	3.5	
		AIRE/O ₂									10	80	102:20		
160	1:40	AIRE									21	318	341:20	4	
		AIRE/O ₂									11	86	114:20		
170	1:40	AIRE									27	354	383:20	4	
		AIRE/O ₂									14	90	121:20		
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----															
180	1:40	AIRE									33	391	426:20	4.5	
		AIRE/O ₂									17	96	130:20		
210	1:40	AIRE									50	474	526:20	5	
		AIRE/O ₂									26	110	158:20		

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo	
			100	90	80	70	60	50	40	30	20				
90 PAM															
30	3:00	AIRE									0	3:00	0	I	
		AIRE/O ₂									0	3:00			
35	2:20	AIRE									4	7:00	0.5	J	
		AIRE/O ₂									2	5:00			
40	2:20	AIRE									14	17:00	0.5	L	
		AIRE/O ₂									7	10:00			
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----															
45	2:20	AIRE									23	26:00	0.5	M	
		AIRE/O ₂									12	15:00			
50	2:20	AIRE									31	34:00	1	N	
		AIRE/O ₂									17	20:00			
55	2:20	AIRE									39	42:00	1	O	
		AIRE/O ₂									21	24:00			
60	2:20	AIRE									56	59:00	1	O	
		AIRE/O ₂									24	27:00			
70	2:20	AIRE									83	86:00	1.5	Z	
		AIRE/O ₂									32	35:00			
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----															
80	2:00	AIRE									5	125	132:40	2	Z
		AIRE/O ₂									3	40	50:40		
90	2:00	AIRE									13	158	173:40	2	Z
		AIRE/O ₂									7	46	60:40		
100	2:00	AIRE									19	185	206:40	2.5	
		AIRE/O ₂									10	53	70:40		
110	2:00	AIRE									25	224	251:40	3	
		AIRE/O ₂									13	61	86:40		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----															
120	1:40	AIRE									1	29	256	288:20	3.5
		AIRE/O ₂									1	15	70	98:40	
130	1:40	AIRE									5	28	291	326:20	3.5
		AIRE/O ₂									5	15	78	110:40	
140	1:40	AIRE									8	28	330	368:20	4
		AIRE/O ₂									8	15	86	126:40	
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----															
150	1:40	AIRE									11	34	378	425:20	4.5
		AIRE/O ₂									11	17	94	139:40	
160	1:40	AIRE									13	40	418	473:20	4.5
		AIRE/O ₂									13	21	100	151:40	
170	1:40	AIRE									15	45	451	513:20	5
		AIRE/O ₂									15	23	106	166:40	
210	1:40	AIRE									16	51	479	548:20	5.5
		AIRE/O ₂									16	26	112	176:40	
240	1:40	AIRE									42	68	592	704:20	7.5
		AIRE/O ₂									42	34	159	267:00	

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo		
			100	90	80	70	60	50	40	30	20					
100 PAM																
25	3:20	AIRE									0	3:20	0	H		
		AIRE/O ₂									0	3:20				
30	2:40	AIRE									3	6:20	0.5	J		
		AIRE/O ₂									2	5:20				
35	2:40	AIRE									15	18:20	0.5	L		
		AIRE/O ₂									8	11:20				
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----																
40	2:40	AIRE									26	29:20	1	M		
		AIRE/O ₂									14	17:20				
45	2:40	AIRE									36	39:20	1	N		
		AIRE/O ₂									19	22:20				
50	2:40	AIRE									47	50:20	1	O		
		AIRE/O ₂									24	27:20				
55	2:40	AIRE									65	68:20	1.5	Z		
		AIRE/O ₂									28	31:20				
60	2:40	AIRE									81	84:20	1.5	Z		
		AIRE/O ₂									33	35:20				
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida ----																
70	2:20	AIRE									11	124	138:00	2	Z	
		AIRE/O ₂									6	39	53:00			
80	2:20	AIRE									21	160	184:00	2.5	Z	
		AIRE/O ₂									11	45	64:00			
90	2:00	AIRE									2	28	196	228:40	2.5	
		AIRE/O ₂									2	15	52	82:00		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----																
100	2:00	AIRE									9	28	241	280:40	3	
		AIRE/O ₂									9	14	66	102:00		
110	2:00	AIRE									14	28	278	322:40	3.5	
		AIRE/O ₂									14	15	75	117:00		
120	2:00	AIRE									19	28	324	373:40	4	
		AIRE/O ₂									19	15	84	136:00		
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----																
150	1:40	AIRE									3	26	46	461	538:20	5
		AIRE/O ₂									3	26	24	108	183:40	

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo			
			100	90	80	70	60	50	40	30	20						
110 PAM																	
20	3:40	AIRE									0	3:40	0	H			
		AIRE/O ₂									0	3:40					
25	3:00	AIRE									3	6:40	0.5	I			
		AIRE/O ₂									2	5:40					
30	3:00	AIRE									14	17:40	0.5	K			
		AIRE/O ₂									7	10:40					
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----																	
35	3:00	AIRE									27	30:40	1	M			
		AIRE/O ₂									14	17:40					
40	3:00	AIRE									39	42:40	1	N			
		AIRE/O ₂									20	23:40					
45	3:00	AIRE									50	53:40	1	O			
		AIRE/O ₂									26	29:40					
50	3:00	AIRE									71	74:40	1.5	Z			
		AIRE/O ₂									31	34:40					
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----																	
55	2:40	AIRE									5	85	93:20	1.5	Z		
		AIRE/O ₂									3	33	44:20				
60	2:40	AIRE									13	111	127:20	2	Z		
		AIRE/O ₂									7	36	51:20				
70	2:40	AIRE									26	155	184:20	2.5	Z		
		AIRE/O ₂									13	43	64:20				
80	2:20	AIRE									9	28	200	240:00	2.5		
		AIRE/O ₂									9	15	53	90:20			
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----																	
90	2:20	AIRE									17	29	248	297:00	3.5		
		AIRE/O ₂									17	15	67	112:20			
100	2:20	AIRE									25	28	295	351:00	3.5		
		AIRE/O ₂									25	15	78	131:20			
110	2:00	AIRE									5	26	28	353	414:40	4	
		AIRE/O ₂									5	26	15	90	154:00		
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----																	
120	2:00	AIRE									10	26	35	413	486:40	4.5	
		AIRE/O ₂									10	26	18	101	173:00		
180	1:40	AIRE									3	23	47	68	593	736:20	7.5
		AIRE/O ₂									3	23	47	34	159	298:00	

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo			
			100	90	80	70	60	50	40	30	20						
120 PAM																	
15	4:00	AIRE									0	4:00	0	F			
		AIRE/O ₂									0	4:00					
20	3:20	AIRE									2	6:00	0.5	H			
		AIRE/O ₂									1	5:00					
25	3:20	AIRE									8	12:00	0.5	J			
		AIRE/O ₂									4	8:00					
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----																	
30	3:20	AIRE									24	28:00	0.5	L			
		AIRE/O ₂									13	17:00					
35	3:20	AIRE									38	42:00	1	N			
		AIRE/O ₂									20	24:00					
40	3:20	AIRE									51	55:00	1	O			
		AIRE/O ₂									27	31:00					
45	3:20	AIRE									72	76:00	1.5	Z			
		AIRE/O ₂									33	37:00					
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----																	
50	3:00	AIRE									9	86	98:40	1.5	Z		
		AIRE/O ₂									5	33	46:40				
55	3:00	AIRE									19	116	138:40	2	Z		
		AIRE/O ₂									10	35	53:40				
60	3:00	AIRE									27	142	172:40	2	Z		
		AIRE/O ₂									14	39	61:40				
70	2:40	AIRE									12	29	189	233:20	2.5		
		AIRE/O ₂									12	15	50	85:40			
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----																	
80	2:40	AIRE									24	28	246	301:20	3		
		AIRE/O ₂									24	14	67	118:40			
90	2:20	AIRE									7	26	28	303	367:00	3.5	
		AIRE/O ₂									7	26	15	79	140:20		
100	2:20	AIRE									14	26	28	372	443:00	4	
		AIRE/O ₂									14	26	15	94	167:20		
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----																	
110	2:20	AIRE									21	25	38	433	520:00	5	
		AIRE/O ₂									21	25	20	104	188:20		
120	2:00	AIRE									3	23	25	47	480	580:40	5.5
		AIRE/O ₂									3	23	25	24	113	211:00	

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo				
			100	90	80	70	60	50	40	30	20							
130 PAM																		
10	4:20	AIRE									0	4:20	0	E				
		AIRE/O ₂									0	4:20						
15	3:40	AIRE									1	5:20	0.5	G				
		AIRE/O ₂									1	5:20						
20	3:40	AIRE									4	8:20	0.5	I				
		AIRE/O ₂									2	6:20						
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----																		
25	3:40	AIRE									17	21:20	0.5	K				
		AIRE/O ₂									9	13:20						
30	3:40	AIRE									34	38:20	1	M				
		AIRE/O ₂									18	22:20						
35	3:40	AIRE									49	53:20	1	N				
		AIRE/O ₂									26	30:20						
40	3:20	AIRE									3	67	1.5	Z				
		AIRE/O ₂									2	31	37:00					
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----																		
45	3:20	AIRE									12	84	100:00	1.5	Z			
		AIRE/O ₂									6	33	48:00					
50	3:20	AIRE									22	116	142:00	2	Z			
		AIRE/O ₂									11	35	55:00					
55	3:00	AIRE									4	28	145	180:40	2	Z		
		AIRE/O ₂									4	15	39	67:00				
60	3:00	AIRE									12	28	170	213:40	2.5	Z		
		AIRE/O ₂									12	15	45	81:00				
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----																		
70	2:40	AIRE									1	26	28	235	293:20	3		
		AIRE/O ₂									1	26	14	63	117:40			
80	2:40	AIRE									12	26	28	297	366:20	3.5		
		AIRE/O ₂									12	26	15	78	144:40			
90	2:40	AIRE									21	26	28	374	452:20	4		
		AIRE/O ₂									21	26	15	94	174:40			
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----																		
100	2:20	AIRE									6	23	26	38	444	540:00	5	
		AIRE/O ₂									6	23	26	20	106	204:20		
120	2:20	AIRE									17	23	28	57	533	661:00	6	
		AIRE/O ₂									17	23	28	29	130	255:20		
180	2:00	AIRE									13	21	45	57	94	658	890:40	9
		AIRE/O ₂									13	21	45	57	46	198	417:20	

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo
			100	90	80	70	60	50	40	30	20			
140 PAM														
10	4:40	AIRE									0	4:40	0	E
		AIRE/O ₂									0	4:40		
15	4:00	AIRE									2	6:40	0.5	H
		AIRE/O ₂									1	5:40		
20	4:00	AIRE									7	11:40	0.5	J
		AIRE/O ₂									4	8:40		
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----														
25	4:00	AIRE									26	30:40	1	L
		AIRE/O ₂									14	18:40		
30	4:00	AIRE									44	48:40	1	N
		AIRE/O ₂									23	27:40		
35	3:40	AIRE									4	59	1.5	O
		AIRE/O ₂									2	30	36:20	
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----														
40	3:40	AIRE									11	80	95:20	1.5
		AIRE/O ₂									6	33	48:20	Z
45	3:20	AIRE									3	21	113	141:00
		AIRE/O ₂									3	11	34	57:20
50	3:20	AIRE									7	28	145	184:00
		AIRE/O ₂									7	14	40	70:20
55	3:20	AIRE									16	28	171	219:00
		AIRE/O ₂									16	15	45	85:20
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----														
60	3:00	AIRE									2	23	28	209
		AIRE/O ₂									2	23	15	55
70	3:00	AIRE									14	25	28	276
		AIRE/O ₂									14	25	15	74
80	2:40	AIRE									2	24	25	362
		AIRE/O ₂									2	24	15	91
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----														
90	2:40	AIRE									12	23	26	38
		AIRE/O ₂									12	23	26	19
														107
														210:40
														5

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo						
			100	90	80	70	60	50	40	30	20									
150 PAM																				
5	5:00	AIRE									0	5:00	0	C						
		AIRE/O ₂									0	5:00								
10	4:20	AIRE									1	6:00	0.5	F						
		AIRE/O ₂									1	6:00								
15	4:20	AIRE									3	8:00	0.5	H						
		AIRE/O ₂									2	7:00								
20	4:20	AIRE									14	19:00	0.5	K						
		AIRE/O ₂									8	13:00								
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----																				
25	4:20	AIRE									35	40:00	1	M						
		AIRE/O ₂									19	24:00								
30	4:00	AIRE									3	51	58:40	1.5	O					
		AIRE/O ₂									2	26	32:40							
35	4:00	AIRE									11	72	87:40	1.5	Z					
		AIRE/O ₂									6	31	46:40							
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----																				
40	3:40	AIRE									4	18	102	128:20	2	Z				
		AIRE/O ₂									4	9	34	56:40						
45	3:40	AIRE									10	25	140	179:20	2	Z				
		AIRE/O ₂									10	13	39	71:40						
50	3:20	AIRE									3	15	28	170	220:00	2.5	Z			
		AIRE/O ₂									3	15	15	45	87:20					
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----																				
55	3:20	AIRE									6	22	28	211	271:00	3				
		AIRE/O ₂									6	22	15	56	113:20					
60	3:20	AIRE									11	26	28	248	317:00	3				
		AIRE/O ₂									11	26	15	66	132:20					
70	3:00	AIRE									3	24	25	28	330	413:40	4			
		AIRE/O ₂									3	24	25	15	84	170:00				
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----																				
80	3:00	AIRE									15	23	26	35	430	532:40	4.5			
		AIRE/O ₂									15	23	26	18	104	205:00				
90	2:40	AIRE									3	22	23	26	47	496	620:20	5.5		
		AIRE/O ₂									3	22	23	26	24	118	239:40			
120	2:20	AIRE									3	20	22	23	50	75	608	804:00	8	
		AIRE/O ₂									3	20	22	23	50	37	168	355:40		
180	2:00	AIRE	2	19	20	42	48	79	121	694	1027:40	10:5								
		AIRE/O ₂	2	19	20	42	48	79	58	222	537:20									

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo
			100	90	80	70	60	50	40	30	20			
160 PAM														
5	5:20	AIRE									0	5:20	0	C
		AIRE/O ₂									0	5:20		
10	4:40	AIRE									1	6:20	0.5	F
		AIRE/O ₂									1	6:20		
15	4:40	AIRE									5	10:20	0.5	I
		AIRE/O ₂									3	8:00		
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----														
20	4:40	AIRE									22	27:20	0.5	L
		AIRE/O ₂									12	17:20		
25	4:20	AIRE									3	41	49:00	1
		AIRE/O ₂									2	21	28:00	N
30	4:00	AIRE									1	8	60	73:40
		AIRE/O ₂									1	5	28	1.5
													39:00	O
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----														
35	4:00	AIRE									4	14	84	106:40
		AIRE/O ₂									4	8	32	54:00
40	4:00	AIRE									12	20	130	166:40
		AIRE/O ₂									12	11	37	70:00
45	3:40	AIRE									5	13	28	164
		AIRE/O ₂									5	13	14	214:20
													44	2.5
														Z
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----														
50	3:40	AIRE									10	19	28	207
		AIRE/O ₂									10	19	15	112:40
55	3:20	AIRE									2	12	26	28
		AIRE/O ₂									2	12	14	248
60	3:20	AIRE									5	18	25	29
		AIRE/O ₂									5	18	15	290
													77	371:00
														3.5
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----														
70	3:20	AIRE									15	23	26	29
		AIRE/O ₂									15	23	15	399
80	3:00	AIRE									6	21	24	25
		AIRE/O ₂									6	21	23	44
														496:00
														4.5
														197:20
														605:40
														5.5
														237:00

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo							
			100	90	80	70	60	50	40	30	20										
170 PAM																					
5	5:40	AIRE									0	5:40	0	D							
		AIRE/O ₂									0	5:40									
10	5:00	AIRE									2	7:40	0.5	G							
		AIRE/O ₂									1	6:40									
15	5:00	AIRE									7	12:40	0.5	J							
		AIRE/O ₂									4	9:40									
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----																					
20	4:40	AIRE									1	29	35:20	1	L						
		AIRE/O ₂									1	15	21:20								
25	4:20	AIRE									1	6	46	58:00	1	N					
		AIRE/O ₂									1	4	23	33:20							
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----																					
30	4:20	AIRE									5	11	72	93:00	1.5	Z					
		AIRE/O ₂									5	6	29	45:20							
35	4:00	AIRE									2	9	17	113	145:40	2	Z				
		AIRE/O ₂									2	9	9	35	65:00						
40	4:00	AIRE									6	13	23	155	201:40	2.5	Z				
		AIRE/O ₂									6	13	12	43	84:00						
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----																					
45	4:00	AIRE									12	16	28	194	254:40	2.5	Z				
		AIRE/O ₂									12	16	15	51	109:00						
50	3:40	AIRE									5	12	23	28	243	315:20	3				
		AIRE/O ₂									5	12	23	15	65	134:40					
55	3:40	AIRE									9	16	25	28	287	369:20	3.5				
		AIRE/O ₂									9	16	25	15	76	155:40					
60	3:20	AIRE									2	11	21	26	28	344	436:00	4			
		AIRE/O ₂									2	11	21	15	87	181:20					
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----																					
70	3:20	AIRE									7	19	24	25	39	454	572:00	5			
		AIRE/O ₂									7	19	24	25	20	109	228:20				
80	3:20	AIRE									17	22	23	26	53	525	670:00	6			
		AIRE/O ₂									17	22	23	26	27	128	267:20				
90	3:00	AIRE									7	20	22	23	37	66	574	752:40	7		
		AIRE/O ₂									7	20	22	23	37	33	148	318:20			
120	2:40	AIRE									9	19	20	22	42	60	94	659	928:20	9	
		AIRE/O ₂									9	19	20	22	42	60	46	198	454:00		
180	2:20	AIRE	10	18	19	40	43	70	97	156	703	1159:00		11:5							
		AIRE/O ₂	10	18	19	40	43	70	97	75	228	648:00									

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo						
			100	90	80	70	60	50	40	30	20									
180 PAM																				
5	6:00	AIRE									0	6:00	0	D						
		AIRE/O ₂									0	6:00								
10	5:20	AIRE									3	9:00	0.5	G						
		AIRE/O ₂									2	8:00								
15	5:20	AIRE									11	17:00	0.5	J						
		AIRE/O ₂									6	12:00								
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----																				
20	5:00	AIRE									4	34	43:40	1	M					
		AIRE/O ₂									2	18	25:40							
25	4:40	AIRE									4	7	54	70:20	1.5	O				
		AIRE/O ₂									4	4	26	39:40						
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----																				
30	4:20	AIRE									2	7	14	83	111:00	1.5	Z			
		AIRE/O ₂									2	7	7	31	57:20					
35	4:20	AIRE									5	13	19	138	180:00	2	Z			
		AIRE/O ₂									5	13	10	40	78:20					
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----																				
40	4:00	AIRE									2	11	12	28	175	232:40	2.5	Z		
		AIRE/O ₂									2	11	12	14	47	96:00				
45	4:00	AIRE									7	11	20	28	231	301:40	3			
		AIRE/O ₂									7	11	20	15	61	129:00				
50	3:40	AIRE									1	11	13	25	28	276	358:20	3.5		
		AIRE/O ₂									1	11	13	25	15	74	153:40			
55	3:40	AIRE									5	11	19	26	28	336	429:20	4		
		AIRE/O ₂									5	11	19	26	14	87	181:40			
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----																				
60	3:40	AIRE									8	13	24	25	31	405	510:20	4.5		
		AIRE/O ₂									8	13	24	25	16	100	205:40			
70	3:20	AIRE									3	13	21	24	25	48	498	636:00	5.5	
		AIRE/O ₂									3	13	21	24	25	25	118	253:20		

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo	
			100	90	80	70	60	50	40	30	20				
190 PAM															
5	6:20	AIRE									0	6:20	0	D	
		AIRE/O ₂									0	6:20			
10	5:40	AIRE									4	10:20	0.5	H	
		AIRE/O ₂									2	8:20			
Se recomienda Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ -----															
15	5:40	AIRE									17	23:20	0.5	K	
		AIRE/O ₂									9	15:20			
20	5:00	AIRE								1	7	37	50:40	1	N
		AIRE/O ₂								1	4	19	30:00		
25	4:40	AIRE							2	6	9	67	89:20	1.5	Z
		AIRE/O ₂							2	6	5	28	46:40		
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire en el Agua ----- Descompresión en el agua con Aire/O ₂ o SurDO ₂ Requerida -----															
30	4:40	AIRE						6	8	14	111	144:20	2	Z	
		AIRE/O ₂						6	8	8	35	67:40			
35	4:20	AIRE					3	8	13	22	160	211:00	2.5	Z	
		AIRE/O ₂					3	8	13	12	44	90:20			
Exposición Excepcional: Descompresión con Aire/O ₂ en el Agua ----- SurDO ₂ Requerida -----															
40	4:20	AIRE					7	12	14	29	210	277:00	3		
		AIRE/O ₂					7	12	14	15	56	119:20			
45	4:00	AIRE				2	11	12	23	28	262	342:40	3.5		
		AIRE/O ₂				2	11	12	23	15	70	148:00			
50	4:00	AIRE				7	11	16	26	28	321	413:40	4		
		AIRE/O ₂				7	11	16	26	15	83	178:00			
Exposición Excepcional: SurDO ₂ -----															
55	3:40	AIRE	2	10	10	24	25	30	396	501:20	4.5				
		AIRE/O ₂	2	10	10	24	25	16	98	204:40					
60	3:40	AIRE	5	10	16	24	25	40	454	578:20	5				
		AIRE/O ₂	5	10	16	24	25	21	108	233:40					
90	3:20	AIRE	11	19	20	21	28	51	83	626	863:00	8.5			
		AIRE/O ₂	11	19	20	21	28	51	42	177	408:40				
120	3:00	AIRE	15	17	19	20	37	46	79	113	691	1040:40	10.5		
		AIRE/O ₂	15	17	19	20	37	46	79	55	219	550:20			

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo						
			100	90	80	70	60	50	40	30	20									
200 PAM																				
Exposición Excepcional:	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----						
5	6:00	AIRE										1	7:40	0.5						
		AIRE/O ₂										1	7:40							
10	6:00	AIRE										2	8:40	0.5						
		AIRE/O ₂										1	7:40							
15	5:40	AIRE										2	22	30:20	0.5					
		AIRE/O ₂										1	11	18:20						
20	5:20	AIRE										5	6	43	60:00	1				
		AIRE/O ₂										5	4	21	36:20					
25	5:00	AIRE										5	6	11	78	105:40	1.5			
		AIRE/O ₂										5	6	6	29	52:00				
30	4:40	AIRE										4	5	11	18	136	179:20	2		
		AIRE/O ₂										4	5	11	9	40	79:40			
35	4:20	AIRE										1	6	10	13	26	179	240:00	2.5	
		AIRE/O ₂										1	6	10	13	13	49	102:20		
40	4:20	AIRE										3	10	12	18	28	243	319:00	3	
		AIRE/O ₂										3	10	12	15	65	138:20			
45	4:20	AIRE										8	11	12	26	28	300	390:00	3.5	
		AIRE/O ₂										8	11	12	15	79	166:20			
50	4:00	AIRE										3	10	11	20	26	28	377	479:40	4.5
		AIRE/O ₂										3	10	11	20	15	95	200:00		
210 PAM																				
Exposición Excepcional:	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----						
5	6:20	AIRE										1	8:00	0.5						
		AIRE/O ₂										1	8:00							
10	6:20	AIRE										5	12:00	0.5						
		AIRE/O ₂										3	10:00							
15	6:00	AIRE										5	26	37:40	1					
		AIRE/O ₂										3	13	22:40						
20	5:20	AIRE										2	6	7	50	71:00	1.5			
		AIRE/O ₂										2	6	4	24	42:20				
25	5:00	AIRE										2	6	7	13	94	127:40	1.5		
		AIRE/O ₂										2	6	7	7	32	65:00			
30	4:40	AIRE										2	5	6	13	21	156	208:20	2	
		AIRE/O ₂										2	5	6	11	43	90:40			
35	4:40	AIRE										5	6	12	14	28	214	284:20	3	
		AIRE/O ₂										5	6	12	14	14	58	124:40		
40	4:20	AIRE										2	6	11	12	22	28	271	357:00	3.5
		AIRE/O ₂										2	6	11	12	15	74	157:20		
45	4:20	AIRE										4	10	11	16	25	29	347	447:00	4
		AIRE/O ₂										4	10	11	16	15	89	190:20		
50	4:20	AIRE										9	10	11	23	26	35	426	545:00	4.5
		AIRE/O ₂										9	10	11	23	18	104	221:20		

Tabla 9-9. Tabla de Descompresión con Aire (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 p/min – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 p/min)

Tiempo de Fondo (min)	Tiempo a la primera parada (M:S)	Mezcla de Gas	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM)									Tiempo Total de Ascenso (M:S)	Periodos de O ₂ en Cámara	Grupo Repetitivo
			100	90	80	70	60	50	40	30	20			
220 PAM														
5	6:40	AIRE										2	9:20	0.5
		AIRE/O ₂										1	8:20	
10	6:40	AIRE										8	15:20	0.5
		AIRE/O ₂										4	11:20	
15	6:00	AIRE								1	7	30	44:40	1
		AIRE/O ₂								1	4	15	27:00	
20	5:40	AIRE						5	6	7	63	87:20	1.5	
		AIRE/O ₂						5	6	4	27	48:40		
25	5:20	AIRE					5	6	8	14	119	158:00	2	
		AIRE/O ₂					5	6	8	7	38	75:20		
30	5:00	AIRE			5	5	8	13	24	174	234:40	2.5		
		AIRE/O ₂			5	5	8	13	13	47	102:00			
35	4:40	AIRE	3	5	9	11	18	28	244	323:20	3			
		AIRE/O ₂	3	5	9	11	18	15	66	142:40				
40	4:20	AIRE	1	4	9	11	11	26	28	312	407:00	4		
		AIRE/O ₂	1	4	9	11	11	26	15	82	179:20			
250 PAM														
5	7:40	AIRE										3	11:20	0.5
		AIRE/O ₂										2	10:20	
10	7:20	AIRE										2	15	25:00
		AIRE/O ₂										1	8	0.5
15	6:40	AIRE					3	7	7	41	65:20	1		
		AIRE/O ₂					3	7	4	21	42:40			
20	6:00	AIRE		2	6	5	7	12	106	144:40	2			
		AIRE/O ₂		2	6	5	7	6	35	73:00				
25	5:40	AIRE	4	5	5	7	13	24	175	239:20	2.5			
		AIRE/O ₂	4	5	5	7	13	13	47	105:40				
30	5:20	AIRE	4	4	5	9	11	20	28	257	344:00	3.5		
		AIRE/O ₂	4	4	5	9	11	20	14	70	153:20			
35	5:00	AIRE	2	5	4	10	11	14	25	29	347	452:40	4	
		AIRE/O ₂	2	5	4	10	11	14	25	15	89	196:00		
300 PAM														
5	9:20	AIRE										6	16:00	0.5
		AIRE/O ₂										3	13:00	
10	8:20	AIRE					2	5	7	32	55:00	1		
		AIRE/O ₂					2	5	4	16	36:20			
15	7:20	AIRE	1	4	5	6	6	10	102	142:00	1.5			
		AIRE/O ₂	1	4	5	6	6	5	35	75:20				
20	6:40	AIRE	1	4	5	5	6	14	28	196	271:20	2.5		
		AIRE/O ₂	1	4	5	5	6	14	15	52	124:40			
25	6:40	AIRE	7	4	5	5	10	12	25	29	305	409:00	3.5	
		AIRE/O ₂	7	4	5	5	10	12	25	15	80	180:20		

Página en blanco intencionalmente

Operaciones de Buceo con Nitrógeno-Oxígeno

10-1 INTRODUCCION

El buceo con Nitrógeno-Oxígeno (NITROX) es un tipo único de buceo usando mezclas de gases de respiración de nitrógeno-oxígeno en rangos desde 75 por ciento nitrógeno/25 por ciento oxígeno a 60 por ciento nitrógeno/40 por ciento oxígeno. Usando NITROX se incrementa significativamente la cantidad de tiempo que un buzo puede permanecer a profundidad sin descompresión. También disminuye el tiempo de descompresión requerido comparado a un buceo similar hecho a la misma profundidad usando aire. Puede usarse NITROX en todas las operaciones de buceo convenientes para aire, pero su uso está limitado a una profundidad normal de 140 pam.

La respiración de mezclas de gases NITROX normalmente es usada para buceos poco profundos. El mayor beneficio es obtenido cuando se usa NITROX a menor profundidad que 50 pam, pero puede ser ventajoso cuando se usa a una profundidad de 140 pam.

10-1.1 Ventajas y Desventajas del Buceo con NITROX.

Las ventajas de usar NITROX en lugar de aire para bucear incluyen:

- Tiempos de fondo extendidos para buceos de no-descompresión.
- Tiempo de descompresión reducido.
- Nitrógeno residual en el cuerpo reducido después de un buceo.
- Reducción de la posibilidad de enfermedad de descompresión.
- Reducción de la Narcosis Nitrogénica.

Las desventajas de utilizar NITROX incluyen:

- Incremento del riesgo de toxicidad del SNC por oxígeno.
- La producción de NITROX requiere equipo especial.
- El equipo de NITROX requiere técnicas de limpieza especiales.
- Los buceos con NITROX de larga duración pueden resultar en toxicidad pulmonar por oxígeno.
- El trabajar con sistemas NITROX requiere entrenamiento especial.
- El NITROX es caro para comprar.

10-2 PROFUNDIDAD EQUIVALENTE CON AIRE

La presión parcial de nitrógeno en una mezcla NITROX es el factor clave en la determinación de la obligación de descompresión del buzo. El oxígeno no juega ningún papel. Por lo tanto, la obligación de descompresión para un buceo NITROX puede ser determinada usando las Tablas de Aire Estándar, seleccionando la profundidad con aire que tenga la misma presión parcial de nitrógeno que la mezcla NITROX. Esta profundidad es

llamada la Profundidad Equivalente con Aire (PEA). Por ejemplo, la presión parcial de nitrógeno en una mezcla 68% nitrógeno 32% oxígeno a 63 pam es 2.0 ata. Esta es la misma presión parcial de nitrógeno encontrada en el aire a 50 pam. 50 pam es la Profundidad Equivalente con Aire.

10-2.1 Calculo de la Profundidad Equivalente con Aire.

La Profundidad Equivalente con Aire puede ser calculada con la siguiente fórmula:

$$\text{PEA} = \frac{(1 - \% \text{ O}_2)(P + 33)}{0.79} - 33$$

Donde:

PEA = profundidad equivalente con aire (pam)

P = profundidad del buceo con la mezcla (pam)

% O₂ = concentración de oxígeno en el medio respirable (porcentaje decimal)

Por ejemplo, mientras se respira una mezcla contenido 40 por ciento de oxígeno (% O₂ = 0.40) a 70 pam (P = 70), la profundidad equivalente con aire sería:

$$\text{PEA} = \frac{(1 - 0.40)(70 + 33)}{0.79}$$

$$= \frac{(0.60)(103)}{0.79} - 33$$

$$= \frac{61.8}{0.79} - 33$$

$$= 78.22 - 33$$

$$= \mathbf{45.2 \text{ pam}}$$

Note que con NITROX, la Profundidad Equivalente con Aire es siempre menor que la profundidad real del buzo. Esta es la razón por la que NITROX ofrece una ventajosa descompresión sobre el aire.

10-3 TOXICIDAD POR OXIGENO

Aunque el uso de NITROX puede incrementar el tiempo de fondo del buzo y reducir el riesgo de narcosis nitrogénica, utilizando una mezcla de NITROX eleva la preocupación por toxicidad por oxígeno. Por ejemplo, usando aire como medio respirable, una presión parcial de oxígeno (ppO₂) de 1.6 ata se alcanza a una profundidad de 218 pam. En contraste, cuando se utiliza una mezcla de NITROX contenido 60% nitrógeno y 40% oxígeno, una ppO₂ de 1.6 se alcanza a 99 pam. Por lo tanto, la toxicidad por oxígeno debe ser considerada cuando se bucea con una mezcla de NITROX y es un factor limitante cuando se considera la profundidad y duración de un buceo con NITROX.

Hablando generalmente, hay dos tipos de toxicidad por oxígeno – toxicidad por oxígeno del sistema nervioso central (SNC) y Toxicidad por oxígeno pulmonar. La toxicidad por oxígeno del SNC normalmente no se encuentra, a menos que la presión parcial de oxígeno alcance o exceda 1.6 ata, pero puede resultar en síntomas graves, incluyendo convulsiones que

potencialmente amenazan la vida. La toxicidad por oxígeno pulmonar puede resultar por realizar buceos de larga duración con presiones parciales de oxígeno en exceso de 1.0 ata. Por ejemplo, un buceo más largo que 240 minutos a 1.3 ata o un buceo más largo que 320 minutos a 1.1 ata puede poner al buzo en riesgo si la exposición es sobre una base diaria. La toxicidad por oxígeno pulmonar bajo estas condiciones puede resultar en decremento de la función pulmonar, pero no amenaza la vida.

La Tabla de Selección de Descompresión NITROX con Profundidad Equivalente a Aire ([Tabla 10-1](#)) fue desarrollada considerando la toxicidad por oxígeno del SNC y pulmonar. Los buceos de trabajo normal que exceden una ppO₂ de 1.4 ata no son permitidos, principalmente para evitar el riesgo de toxicidad por oxígeno del SNC. Sin embargo, los buceos con una ppO₂ menor a 1.4 ata, pueden ser realizados usando el rango total de tiempos de fondo permitido por las tablas de aire sin preocuparse por toxicidad por oxígeno del SNC o pulmonar.

Los Supervisores deben mantener en mente que la toxicidad por oxígeno pulmonar puede asentarse en un tejido con buceos repetidos frecuentes. Los efectos de la toxicidad por oxígeno pulmonar pueden ser acumulativos y reducir el desempeño del trabajo subacuático de individuos susceptibles, después de una serie larga de exposiciones repetidas diarias. Fatiga, dolor de cabeza, síntomas parecidos a la gripe, y entumecimiento de los dedos de las manos y pies pueden también experimentarse con las exposiciones repetidas. La [Tabla 10-1](#) toma estas exposiciones repetidas en cuenta, y por lo tanto, no deben encontrarse problemas de toxicidad por oxígeno con su uso. Si se experimentan síntomas, el buzo debe parar de bucear con NITROX hasta que estos se resuelvan.

10-3.1

Selección de la Mezcla NITROX Apropriada. Debe usarse considerable precaución cuando se selecciona la mezcla NITROX apropiada para un buceo. Se debe conocer la máxima profundidad del buceo, así como el tiempo de fondo planeado. Una vez que la máxima profundidad es conocida, las diversas mezclas de NITROX pueden ser evaluadas para determinar cual proporcionara la menor cantidad de descompresión mientras permita un tiempo de fondo máximo. Si la profundidad del buzo excede lo permitido para una cierta mezcla NITROX, el buzo está en gran riesgo de toxicidad por oxígeno con amenaza de la vida.

10-4 PROCEDIMIENTOS DE BUCEO CON NITROX

10-4.1

Buceo con NITROX Usando Profundidades Equivalentes con Aire. El buceo con NITROX está basado sobre las Tablas de Descompresión con Aire vigentes. La cédula real usada es ajustada por el porcentaje de oxígeno del gas de respiración. Para usar la Tabla de Selección de Descompresión PEA ([Tabla 10-1](#)), encuentre el porcentaje de oxígeno real del gas de respiración en el encabezado y la profundidad real del buzo en la columna izquierda para determinar la cédula apropiada a ser utilizada en las Tablas de Descompresión con Aire. La cédula de descompresión PEA está en la intersección de la columna y la fila. Cuando utilice la [Tabla 10-1](#), redondee todas las mezclas de gas usando la regla de redondeo estándar, donde las mezclas de gases a o arriba de 0.5% se redondean al porcentaje próximo superior completo y las mezclas de 0.1% a 0.4% se redondean al porcentaje próximo inferior completo. Una vez que una PEA es determinada y una tabla de aire es seleccionada, siga las reglas de la tabla de aire utilizando la PEA para el remanente del buceo.

10-4.2

Operaciones SCUBA. Para operaciones SCUBA, analice la mezcla NITROX en cada cilindro a ser utilizado antes de cada buceo.

10-4.3

Procedimientos Especiales. En el caso de un cambio a aire durante el buceo NITROX, use la máxima profundidad y tiempo de fondo del buzo, siguiendo la Tabla de Descompresión con Aire para la profundidad real del buceo.

Tabla 10-1. Tabla de Profundidad Equivalente a Aire.

Profundidad Real del Buzo (pam)	PEA Pies															
	25% O ₂	26% O ₂	27% O ₂	28% O ₂	29% O ₂	30% O ₂	31% O ₂	32% O ₂	33% O ₂	34% O ₂	35% O ₂	36% O ₂	37% O ₂	38% O ₂	39% O ₂	40% O ₂
20	20	20	20	20	20	20	20	15	15	15	15	15	10	10	10	10
30	30	30	30	30	30	30	30	25	25	25	20	20	20	20	20	20
40	40	40	40	40	40	40	40	35	30	30	30	30	30	25	25	25
50	50	50	50	50	50	50	50	40	40	40	40	40	35	35	35	35
60	60	60	60	60	60	60	50	50	50	50	50	50	50	40	40	40
70	70	70	70	70	70	60	60	60	60	60	60	50	50	50	50	50
80	80	80	80	80	70	70	70	70	70	70	60	60	60	60	60	60
90	90	90	90	90	80	80	80	80	80	80	70	70	70	70	70	70
100	100	100	100	90	90	90	90	90	80	80	80	80	80	80	80	70
110	110	110	110	100	100	100	100	100	100	90	90	90	90			
120	120	120	120	110	110	110	110	110	110	100	100	100	100			
130	130	130	120	120	120	120	120	120	120	110						
140	140	140	130	130	130	130	130	130	130							
150	150	150	140													
160	160	160														

PEA = Profundidad Equivalente a Aire – Para Selección de Tabla de Descompresión Solo Redondee a la Profundidad Próxima Superior.

— = 1.4 ata Límite de trabajo Normal

[] = La Profundidad excede el límite de trabajo normal, requiere la autorización del Comandante y equipo de suministro desde superficie. No son autorizados los buceos repetitivos. Los tiempos listados entre paréntesis indican la exposición máxima permisible.

Nota¹: Las profundidades no listadas son consideradas más allá de los límites seguros del buceo con NITROX.

Nota²: La PEA, 1.4 ata Línea Límite de Trabajo Normal y el Tiempo Máximo de Exposición Permisible para buceos más profundos que la Línea de Trabajo Normal son calculados asumiendo que el buzo redondea el porcentaje de oxígeno en la mezcla de gas utilizando la regla de redondeo estándar discutida en el [párrafo 10-4.1](#). Los cálculos también toman en cuenta el porcentaje de error de $\pm 0.5\%$ permisible en el análisis del gas.

- 10-4.4** **Descompresión Omitida.** En el caso que la pérdida de gas requiera un ascenso directo a la superficie, cualquier requerimiento de descompresión debe ser dirigido usando los protocolos estándar para “descompresión omitida”. Para los buceos con descompresión omitida que excedan la máxima profundidad listada en la [Tabla 10-1](#), el Supervisor de Buceo debe calcular rápidamente la PEA del buzo y seguir los procedimientos de descompresión omitida basado en la PEA del buzo, no su profundidad real. Si el tiempo no permitirá esto, el Supervisor de Buceo puede elegir el uso de la profundidad real del buzo y seguir los procedimientos de descompresión omitida.
- 10-4.5** **Buceos que Exceden el Límite de Trabajo Normal.** La Tabla PEA ha sido desarrollada para restringir los buceos con una ppO₂ mayor que 1.4 ata y los límites de duración del buceo basada sobre la toxicidad por oxígeno del SNC. Los buceos que exceden los límites de trabajo normal de la [Tabla 10-1](#) requieren la autorización del Comandante y son restringidos solamente al equipo con suministro desde superficie. Todas las Profundidades Equivalentes a Aire proporcionadas debajo de la línea de límite de trabajo normal tienen el tiempo de exposición máximo permisible. Este es el tiempo máximo que un buzo puede permanecer con seguridad a esta profundidad y evitar la toxicidad por oxígeno del SNC. Los buceos repetitivos no son autorizados cuando se exceden los límites de trabajo normal de la [Tabla 10-1](#).

10-5 BUCEO REPETITIVO CON NITROX

El buceo repetitivo es posible cuando se utiliza NITROX o combinaciones de aire y NITROX. Una vez que la PEA es determinada para un buceo específico, las Tablas de Descompresión con Aire son usadas por todo el buceo usando la PEA de la [Tabla 10-1](#).

La Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos Repetitivos con Aire será usada cuando se aplique la PEA para buceos con NITROX. Determine el Designador de Grupo Repetitivo para el buceo apenas se termine usando la [Tabla 9-7](#), Límites de No-Descompresión y Tabla de Designación de Grupo Repetitivo para Buceos con Aire de No-Descompresión o la [Tabla 9-8](#), Tabla de Descompresión con Aire.

Entre en la [Tabla 9-7](#), Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos Repetitivos con Aire, usando el designador de grupo repetitivo. Si el buceo repetitivo es un buceo con aire, use la [Tabla 9-7](#) como es. Si el buceo repetitivo es un buceo con NITROX, determine la PEA del buceo repetitivo en la [Tabla 10-1](#) y use la profundidad como la profundidad del buceo repetitivo.

10-6 HOJA DE BUCEO CON NITROX

La Hoja de Buceo con NITROX ([Figura 10-1](#)) debe utilizarse para los buceos con NITROX y ser llenada como se describe en el [Capítulo 9](#). La hoja NITROX tiene un cuadro adicional para la PEA con el porcentaje del gas escrito en el cuadro de la mezcla de fondo.

10-7 ENTRENAMIENTO DE LA FLOTA PARA NITROX

Un Jefe de Buceo debe conducir el entrenamiento para buceo con NITROX antes de realizar operaciones de buceo con NITROX. No son requeridos buceos con NITROX reales para este entrenamiento. Los siguientes son los tópicos mínimos a ser cubiertos:

- Toxicidad por oxígeno del SNC y pulmonar asociadas con buceo NITROX.
- Tablas PEA y su asociación con las tablas de aire.
- Manejo seguro de las mezclas NITROX.

Fecha:	Tipo de Buceo: N ₂ O ₂			
Buzo 1:	Buzo 2:		Standby:	
Equipo: PSIG: %O ₂ :	Equipo: PSIG: %O ₂ :		Equipo: PSIG: %O ₂ :	
Supervisor:	Elaboró:		Mezcla de fondo:	
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.
DS ó 20 pam			Tiempo de descenso (agua)	
LLF			Profundidad de canastilla (pam)	
DF			Profundidad Máxima (pam)	
LL 1 ^{er} Parada			PEA (NITROX)	
190 pam			Tiempo Total de Fondo	
180 pam			Tabla/Cédula	
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	
160 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	
150 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	
140 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación	
130 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	
120 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)	
110 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)	
100 pam			Intervalo en Superficie SurD Total	
90 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)	
80 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO	
70 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
60 pam				
50 pam				
40 pam				
30 pam			RETRASOS EN EL ASCENSO	
20 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA
LLS				
LLF CÁMARA				
50 pam cámara				
40 pam cámara			PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS	
30 pam cámara			N ₂ O ₂	<input type="checkbox"/> Descompresión con N ₂ O ₂ en el agua <input type="checkbox"/> SurDO ₂
LLS CÁMARA			HeO ₂	<input type="checkbox"/> Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua <input type="checkbox"/> SurDO ₂
TTD	TTB		GRUPO REPETITIVO:	
Observaciones:				

Figura 10-1. Hoja de Buceo con NITROX.

Los Técnicos en Carga y Mezclado de NITROX deben ser entrenados en los siguientes tópicos:

- Manejo seguro del oxígeno.
- Equipo de análisis de oxígeno.
- Técnicas de mezclado de NITROX.
- Requerimientos de limpieza para NITROX (MILSTD Serie 1330).

10-8 EQUIPO DE BUCEO NITROX

El buceo con NITROX puede ser desempeñado utilizando una variedad de equipo que puede ser dividido en dos categorías generales: con suministro desde superficie o SCUBA con circuito cerrado y abierto. Los aparatos SCUBA de circuito cerrado son discutidos en el [Capítulo 17](#).

10-8.1 Sistemas SCUBA de Circuito Abierto. Los sistemas SCUBA de circuito abierto para buceo con NITROX son idénticos a los sistemas SCUBA de aire, con una excepción: los cilindros SCUBA son llenados con NITROX (nitrógeno-oxígeno) en lugar de aire. Hay reguladores específicos autorizados para buceo con NITROX, los cuales son identificados por la lista ANU. Estos reguladores han sido probados para confirmar su compatibilidad con los altos porcentajes de oxígeno encontrados en el buceo con NITROX.

10-8.1.1 Reguladores. Los reguladores SCUBA designados para uso con NITROX deben ser limpiados para los estándares de MIL-STD-1330. Una vez designados y limpios para uso con NITROX, los reguladores deben ser mantenidos en el nivel de limpieza señalado en MIL-STD-1330.

10-8.1.2 Cilindros. Los cilindros SCUBA designados para uso con NITROX deben estar limpios para oxígeno y mantenidos en este nivel. Los cilindros deben tener una etiqueta NITROX en grandes letras amarillas sobre un fondo verde. Una vez que un cilindro está limpio y designado para buceo con NITROX, no debe ser utilizado para ningún otro tipo de buceo. ([Figura 10-2](#)).

10-8.2 Generalidades. Todos los cilindros de alta presión, cilindros SCUBA, y todo el equipo de carga NITROX de alta presión que entre en contacto con oxígeno 100% durante el buceo con NITROX, mezclado o en las evoluciones de carga, debe estar limpio y mantenido para servicio con NITROX de acuerdo con la serie MIL-STD-1330 vigente.

10-8.3 Buceo con NITROX Suministrado Desde Superficie. Los sistemas de buceo con NITROX suministrado desde superficie deben ser modificados para hacerlos compatibles con el alto porcentaje de oxígeno encontrado en las mezclas NITROX. Debe enviarse una solicitud para convertir el sistema a NITROX a NAVSEA 00C para revisión y aprobación. La solicitud debe ser acompañada de los cambios propuestos

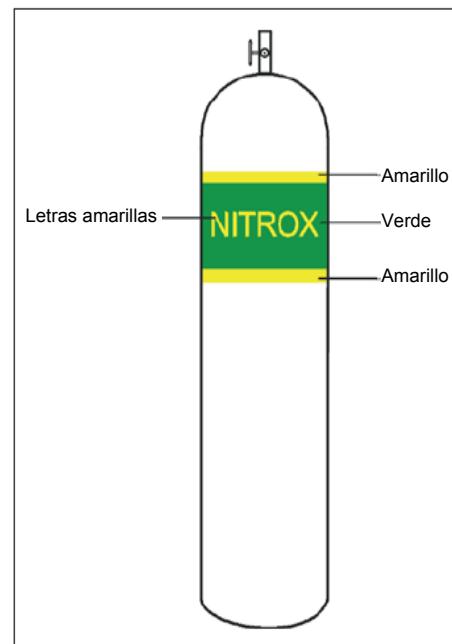


Figura 10-2. Marcas del Cilindro SCUBA para NITROX

en el Cuaderno de Bosquejo de Pre-supervisión (PSOB) permitiendo usar el sistema con NITROX. Una vez que el sistema es designado para NITROX, debe ser etiquetado con grandes letras amarillas sobre fondo verde. MIL-STD-1330D señala los requerimientos de limpieza en los cuales un sistema de NITROX suministrado desde superficie debe ser mantenido.

Una vez que el sistema ha sido limpiado y designado para uso con NITROX, solo el aire que cumpla los requerimientos de la [Tabla 10-2](#) será usado para cargar el sistema de cilindros de gas. El aire de buceo, usando un sistema designado para NITROX, es autorizado si cumple los requerimientos de pureza de la [Tabla 10-2](#).

Los SGE usados en el buceo con NITROX suministrado desde superficie deben ser llenados con la misma mezcla que está siendo suministrada al buzo $\pm 0.5\%$.

10-9 LIMPIEZA DEL EQUIPO

La limpieza y los procedimientos utilizados para obtener la limpieza son una preocupación con los sistemas NITROX. La MIL-STD-1330 es aplicable a cualquier cosa con un nivel de oxígeno mayor que 25% por volumen. Por lo tanto, la MIL-STD-1330 debe ser seguida cuando se trabaja con sistemas NITROX. El personal involucrado en el mantenimiento y reparación de equipo NITROX debe completar un curso de operario limpio para oxígeno, como se describe en MIL-STD-1330. Aún con niveles de oxígeno de 25 a 40%, hay todavía un mayor riesgo de fuego que con el aire comprimido. Los materiales que normalmente no podrían quemarse en el aire pueden hacerlo a estos altos niveles de O₂. Normalmente los materiales combustibles requieren menos energía para prender y se quemarán rápidamente. La energía requerida para la ignición puede venir de diferentes fuentes, por ejemplo compresión adiabática o impacto/chispa de partículas. Otra preocupación es que si son usados agentes o procesos de limpieza inapropiados, los agentes por sí mismos pueden llevar al fuego o a peligros tóxicos. Es por lo tanto importante adherirse a MIL-STD-1330 para reducir el riesgo de daño o pérdida del equipo y lesiones o muerte del personal.

10-10 PUREZA DEL GAS DE RESPIRACION

Es esencial que todos los gases usados en la producción de mezclas NITROX cumplan los estándares de pureza de gas de respiración para oxígeno ([Tabla 4-3](#)) y nitrógeno ([Tabla 4-5](#)). Si es utilizado aire para producir una mezcla, debe comprimirse usando un compresor libre de aceite aprobado para NITROX o que cumpla con los requerimientos de pureza de aire libre de aceite ([Tabla 10-2](#)). Antes de bucear, todos los gases NITROX deben ser analizados utilizando un analizador de O₂ aprobado ANU con precisión entre $\pm 0.5\%$.

10-11 MEZCLANDO NITROX

El mezclado de NITROX puede ser realizado por una variedad de técnicas para producir una mezcla final de nitrógeno-oxígeno predeterminada. Las técnicas para mezclar NITROX son listadas como sigue:

1. **Mezclado con Flujo Continuo.** Hay dos técnicas para el mezclado con flujo continuo:
 - a. **Mezcladora.** Una mezcladora usa un sistema de mezclado precalibrado, que proporciona la cantidad de cada gas en la mezcla mientras es entregada a una cámara de mezclado común. Una mezcladora ejecuta una serie de funciones para asegurar la precisión de las mezclas. Los gases son regulados a la misma temperatura y presión antes de que se manden a través de las válvulas micrométricas de precisión. Las válvulas son precalibradas para proporcionar la presión de mezclado deseada. La mezcla final puede ser proporcionada directamente a los

buzos o ser comprimida utilizando un compresor libre de aceite en bancos de almacenamiento.

b. Inducción de Oxígeno. La inducción de oxígeno usa un sistema donde oxígeno a baja presión es entregado en la toma de entrada de un compresor libre de aceite, donde es mezclado con el aire que está siendo aspirado hacia el interior del compresor. El flujo de oxígeno es ajustado y la salida del compresor es monitoreada por el contenido de oxígeno. Cuando la mezcla deseada de NITROX es alcanzada, el gas es desviado a los bancos de almacenamiento para el uso del buzo, mientras está siendo monitoreada continuamente por el contenido de oxígeno. ([Figura 10-3](#)).

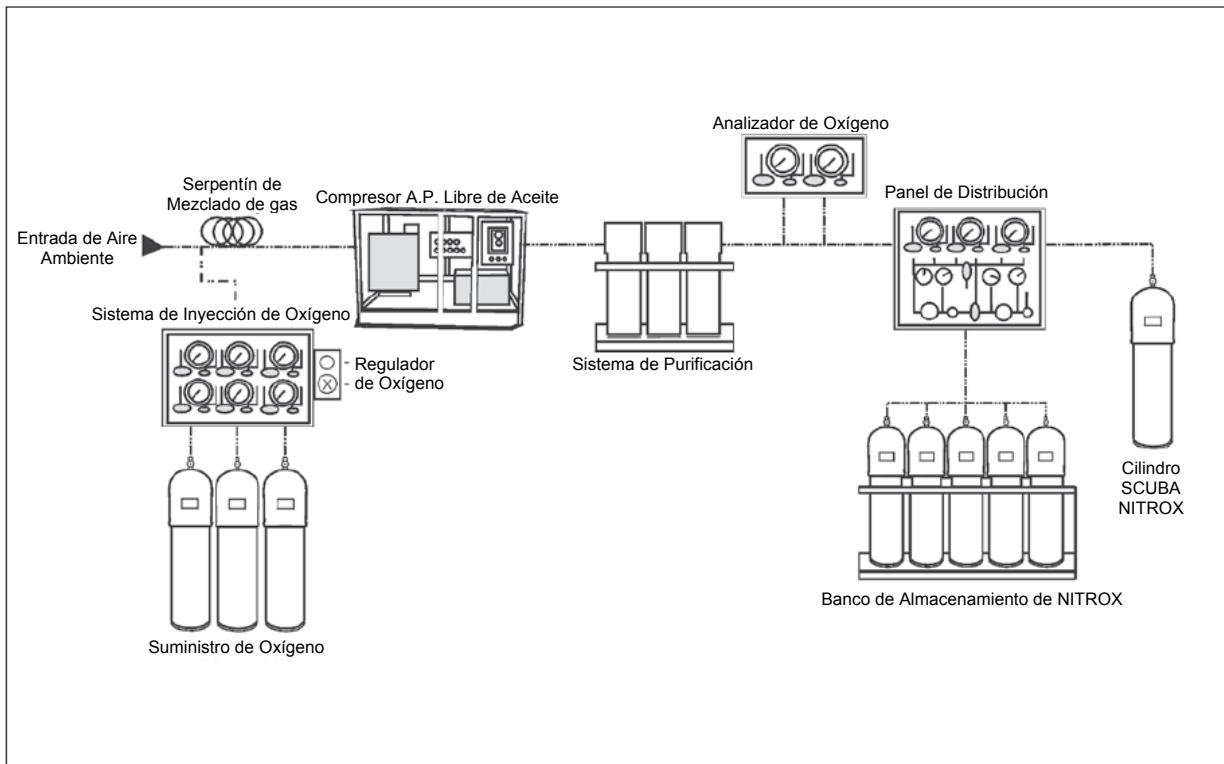


Figura 10-3. Sistema de Inyección de O₂ NITROX.

2. Mezclado por Presión Parcial. Las técnicas de mezclado por presión parcial son similares a aquellas usadas en la mezcla de gas de buceo helio-oxígeno y son discutidas en el [Capítulo 16](#).

a. Mezclado por Presión Parcial con Aire. Puede usarse aire libre de aceite como una fuente de Nitrógeno para mezclar de NITROX por presión parcial usando los siguientes procedimientos:

- Antes de cargar aire en un cilindro de NITROX, el técnico de mezclado de NITROX debe oler, saborear y sentir el aire libre de aceite que viene del compresor por signos de aceite, niebla o partículas, o por cualquier olor inusual. Si se encuentra cualquier signo de mal funcionamiento del compresor, el sistema no debe ser utilizado hasta que se consiga una muestra de aire satisfactoria.
- Antes de cargar con oxígeno, para producir una mezcla de NITROX, el técnico de carga de NITROX debe cargar los cilindros a un mínimo de 100

lb/p^2 con aire libre de aceite. Esto reducirá el riesgo de incremento de temperatura por compresión adiabática. Una vez que los 100 lb/p^2 de aire libre de aceite han sido añadidos al envase de carga, entonces es añadida la cantidad requerida de oxígeno. La cantidad remanente necesaria de aire libre de aceite puede entonces ser cargada seguramente dentro del cilindro. La velocidad de carga para mezclado de NITROX no debe exceder de 200 lb/p^2 por minuto.

ADVERTENCIA

El mezclar aire contaminado o no libre de aceite con oxígeno 100% puede resultar en un fuego y explosión catastrófica.

- El aire comprimido para mezcla de NITROX debe cumplir los estándares de pureza para “Aire Libre de Aceite”, ([Tabla 10-2](#)). Todos los compresores que producen aire para mezclado de NITROX deben tener un sistema de filtración diseñado para producir aire libre de aceite que ha sido aprobado por NAVSEA 00C3. Además, todos los compresores que producen aire libre de aceite para carga de NITROX deben tener una muestra de aire tomada dentro de 90 días antes de usar.

Tabla 10-2. Aire Libre de Aceite.

Componente	Especificación
Oxígeno (por ciento por volumen)	20-22 %
Bióxido de Carbono (por volumen)	500 ppm (max)
Monóxido de Carbono (por volumen)	2 ppm (max)
Hidrocarburos totales [como Metano (CH_4) por volumen]	25 ppm (max)
Olor	No objetable
Aceite, niebla, partículas	0.1 mg/m ³ (max)
Agua separada	Ninguna
Agua total	0.02 mg/l (max)
Componentes halogenados (por volumen): Solvientes	0.2 ppm (max)

3. **Mezclado Utilizando un Sistema de Membrana.** Los sistemas de membrana separan selectivamente las moléculas de gas de diferentes tamaños tales como nitrógeno u oxígeno del aire. Removiendo el nitrógeno del aire en un sistema de membrana NITROX, se incrementa el porcentaje de oxígeno. La mezcla resultante es NITROX. El aire es alimentado dentro de un sistema de canastilla filtro en línea que remueve los hidrocarburos y otros contaminantes. Es entonces pasado dentro de la canastilla membrana que contiene miles de orificios en las fibras de la membrana. El oxígeno es filtrado a través de la membrana a una proporción controlada. La cantidad de nitrógeno removido es determinada por una válvula de aguja. Una vez que la proporción de nitrógeno-oxígeno es alcanzada, el gas es desviado a través de un compresor para NITROX aprobado y mandado a los bancos de almacenamiento (ver las [Figuras 10-4](#) y [10-5](#)). Los sistemas de membrana pueden también concentrar CO_2 y argón.
4. **Mezclado Utilizando Cribas Moleculares.** Las cribas moleculares son columnas de absorbente químico sólido, altamente selectivo, el cual desempeña una función similar a los sistemas de membrana, y son usados en un modo similar. Las cribas moleculares tienen la ventaja añadida de absorber CO_2 y humedad desde el gas alimentado.

- 5. Compra de NITROX Premezclado.** La compra de NITROX premezclado es un medio aceptable de obtener una mezcla de NITROX. Cuando se compra NITROX premezclado, es requisito que los gases utilizados en la mezcla cumplan con los estándares de pureza mínimos para oxígeno ([Tabla 4-3](#)) y nitrógeno ([Tabla 4-5](#)).

10-12 SISTEMAS DE MEZCLADO, ENTREMEZCLADO Y ALMACENAMIENTO DE NITROX

Los sistemas de mezclado, entremezclado y almacenamiento de NITROX, deben estar diseñados para servicio de oxígeno y construidos utilizando materiales compatibles con el oxígeno, siguiendo las prácticas militares y comerciales aceptadas de acuerdo con ASTM G-88, G-63, G-94, O MIL-STD-438 y -777. Los Comandos deben contactar a NAVSEA 00C por la guía específica para desarrollar sistemas de mezclado, entremezclado o almacenamiento de NITROX. Los Comandos no están autorizados para construir o usar un sistema NITROX sin la revisión y aprobación previa de NAVSEA 00C.

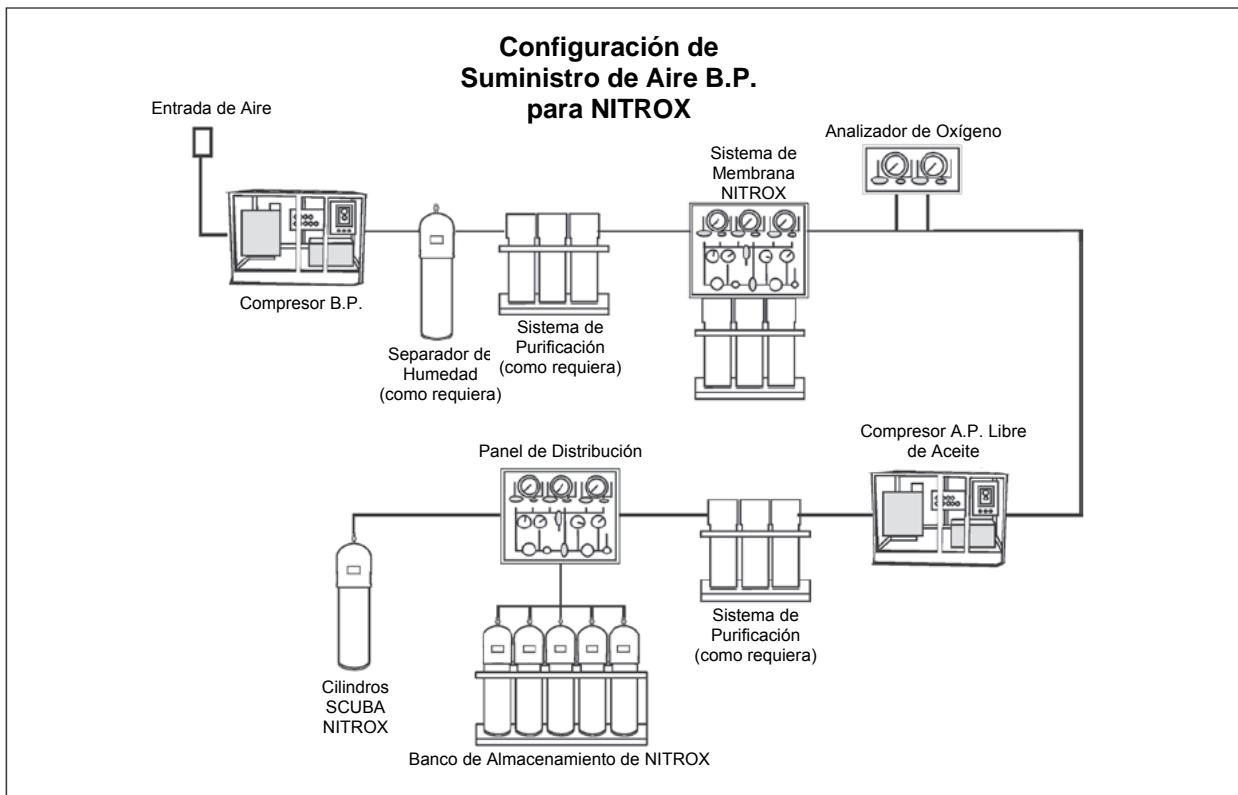


Figura 10-4. Configuración de Suministro de Aire B.P. a Sistema de Membrana NITROX.

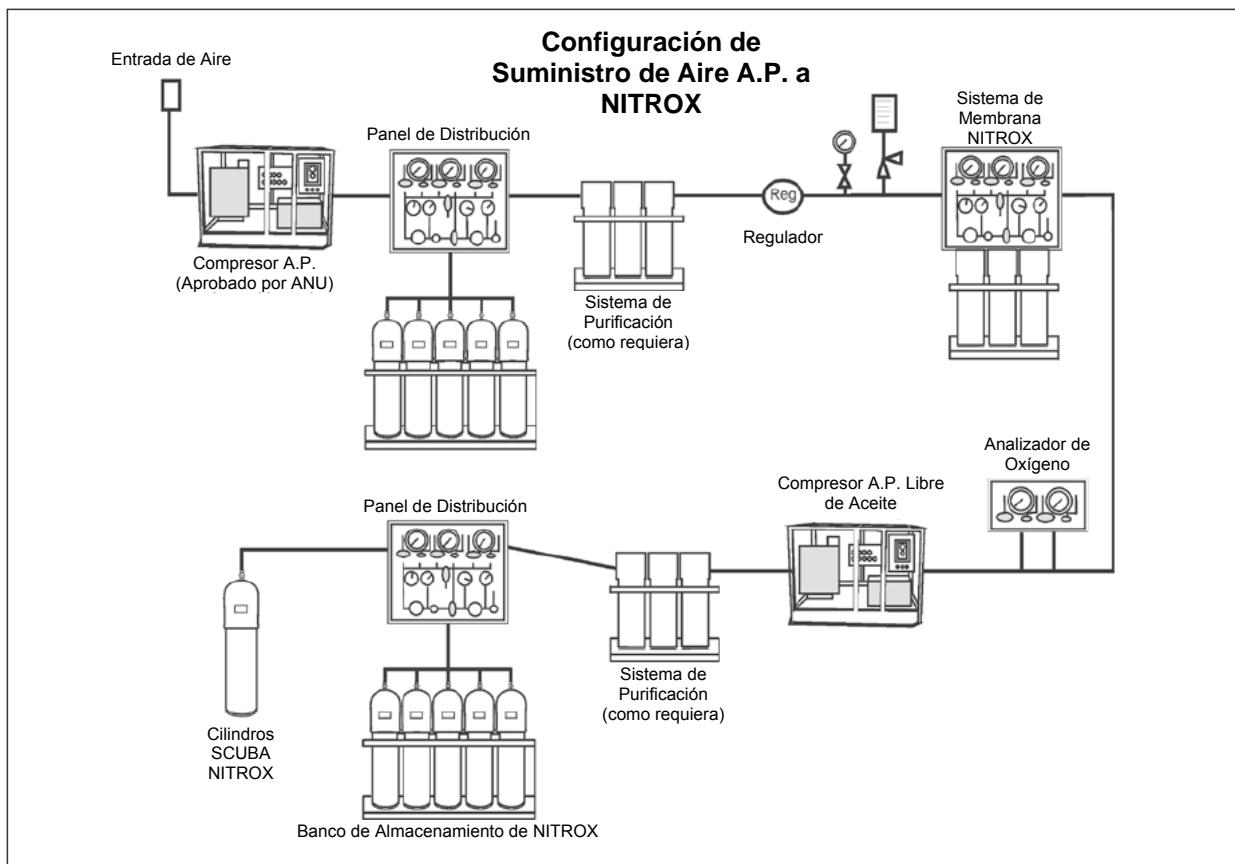


Figura 10-5. Configuración de Suministro de Aire A.P. a Sistema de Membrana NITROX.

Operaciones de Buceo en Hielo y Agua Fría

11-1 INTRODUCCION

10-1.1 **Objetivo.** Este capítulo explica los requerimientos especiales para el buceo en hielo y agua fría.

10-1.2 **Alcance.** Las regiones polares y otros ambientes atmosféricos fríos son particularmente hostiles a los buzos, al personal de apoyo en superficie y al equipo. Bucear donde la cubierta de hielo está presente, puede ser extremadamente peligroso y requiere equipo especial, así como procedimientos de operación y apoyo apropiados. El conocimiento de las condiciones ambientales, la selección del personal y equipo, y el adecuado soporte logístico son vitales para el éxito de la misión y la seguridad del equipo de buceo.

11-2 PLANEACIÓN DE LAS OPERACIONES

Los procedimientos de buceo normales generalmente aplican para bucear en ambientes extremadamente fríos. Sin embargo, hay un número de equipo significativo y diferencias en los procedimientos que realzan la seguridad de los buzos.

11-2.1 **Guías para la Planeación.** Las siguientes son consideraciones de seguridad especiales relacionadas al buceo bajo/cerca de cubierta de hielo o en agua a o debajo de una temperatura de 37°F:

- La tarea y requerimientos para bucear en hielo deben ser revisados para asegurar que es esencialmente operacional.
- Deben ser determinadas las condiciones ambientales tales como grosor del hielo, profundidad del agua, temperatura, velocidad del viento, corriente, visibilidad y condiciones de luz. Idealmente, es ejecutado un reconocimiento del sitio de buceo propuesto por el Supervisor de Buceo o una persona con experiencia en buceo en agua cubierta con hielo o fría.
- El tipo de equipo de buceo escogido debe ser conveniente para la operación.
- La planeación logística debe incluir transportación, equipo auxiliar, aprovisionamiento, combustible, herramientas, ropa y ropa de cama, procedimientos de evacuación médica, comunicaciones, etc.

NOTA **La temperatura del agua de 37°F fue establecida como límite de un resultado de la prueba de congelamiento del regulador en la Unidad de Buceo Experimental de la Marina. Para propósitos de planeación, la guía de arriba puede también ser utilizada para bucear donde la temperatura del agua está arriba de 37°F.**

11-2.2 **Consideraciones de Navegación.** Las condiciones en agua fría y cubierta de hielo afecta la navegación del buzo bajo el agua de las siguientes maneras:

- La proximidad del polo magnético en las regiones polares hace inútil el compás magnético.

- La vida de las baterías en los faros de señalización, lámparas y equipo de comunicación es acortada cuando se usan en agua fría.
- La luz de la superficie se difunde tanto por la cubierta de hielo que es casi imposible determinar su fuente.
- El ascenso directo a la superficie es imposible cuando se está bajo el hielo y la determinación de la dirección de retorno está frecuentemente obstruida.
- En aguas poco profundas cubiertas por hielo, los desvíos son frecuentemente requeridos para evitar quillas o salientes de presión debajo del hielo.
- Con una cubierta de hielo, no hay olas y por lo tanto no hay patrones de agitación sobre el fondo para usar como orientación general.

11-2.3 Consideraciones SCUBA. El equipo SCUBA tiene ventajas y desventajas que deben ser consideradas cuando se planea un buceo en agua fría.

Las ventajas de utilizar SCUBA son:

- Portabilidad
- Despliegue rápido
- Requerimientos de apoyo de superficie mínimos

Las desventajas de utilizar SCUBA son:

- Susceptibilidad del regulador para congelarse
- Limitaciones de profundidad
- Comunicaciones limitadas
- Capacidad severamente limitada para emplear las técnicas de buceo con descompresión
- Limitaciones en la duración de los sistemas de eliminación de CO₂ en UBA de circuito cerrado.

11-2.4 Reguladores SCUBA. Refiérase a la ANU para la selección del regulador apropiado. El regulador de manguera sencilla es susceptible de congelarse. La primera y segunda etapas del regulador de manguera sencilla pueden congelarse en la posición de flujo libre después de pocos minutos de exposición en agua fría. El regulador de manguera sencilla debe mantenerse en un lugar cálido antes de bucear. Es importante que el buzo pruebe el regulador en un lugar caliente, entonces se abstenga de respirar hasta estar sumergido. Cuando retorna a la superficie, el regulador debe mantenerse sumergido y el buzo debe evitar respirar por el regulador hasta volver a sumergirse. El tiempo del buzo en la superficie debe mantenerse a un mínimo. Una vez bajo el agua, la oportunidad de un congelamiento se reduce. Sin embargo, si a un regulador se le permite flujo libre a profundidad por tan poco como cinco segundos, la congelación puede ocurrir. El buzo debe por lo tanto evitar purgar la segunda etapa del regulador cuando bucea en agua fría. Si necesita purgar agua de la boquilla, el buzo debe hacerlo por exhalar dentro de esta ([Figura 11-1](#)).

11-2.4.1 Precauciones Especiales. Los reguladores de manguera sencilla deben ser equipados con un tapón anticongelante, el cual es un tapón especial de la primera etapa que puede ser llenado con silicona líquida disponible con el fabricante.



Figura 11-1. Buceo en Hielo con SCUBA. Los buzos con trajes secos Typhoon y SCUBA Aga/Divator FFM con reguladores aprobados para agua fría.

También es esencial el mantenimiento correcto y la aplicación de un lubricante aprobado para los puntos apropiados. También deben tomarse precauciones extra para asegurar que los cilindros SCUBA están completamente secos en el interior, que es utilizado aire libre de humedad, y el regulador este completamente seco antes de usar.

- 11-2.4.2 Octopus y Reguladores Redundantes.** Donde la temperatura del agua es a o por debajo de 37°F, debe utilizarse un sistema SCUBA redundante (cilindros SCUBA dobles, cada uno con válvula K y un regulador aprobado para agua fría) o cilindros SCUBA dobles con un manifold común y un regulador aprobado para agua fría (con octopus).
- 11-2.5 Salvavidas.** El uso de salvavidas con actuador de CO₂ está prohibido solamente cuando se bucea bajo hielo. El inflado accidental de un salvavidas forzará al buzo hacia arriba y puede causar una colisión con la superficie inferior del hielo. El buzo sería atrapado detrás de un saliente de presión u otra estructura de la superficie inferior del hielo, y la recuperación puede ser difícil aún con líneas de atención. También, las válvulas de escape y entrada del traje seco de volumen variable serían cubiertas si un salvavidas es usado. En el caso de un traje seco descontrolado, la incapacidad para alcanzar la válvula de escape podría causar rápido ascenso y colisión con la superficie del hielo.
- 11-2.6 Mascara.** La máscara del buzo puede mostrar un incremento en la tendencia a empañarse en agua fría. Debe ser utilizada una solución antiempañante para prevenir que esto ocurra. La saliva no prevendría el empañamiento en agua fría.
- 11-2.7 Equipo SCUBA.** El equipo mínimo requerido por cada buzo SCUBA de la Marina para operaciones bajo hielo consiste de:
- Traje húmedo/traje seco de volumen variable
 - SCUBA de circuito abierto aprobado para agua fría o UBA de circuito cerrado, ver ANU

- Visor o Máscara aprobados, ver ANU
- Cinturón de lastre y pesos como se requiera
- Cuchillo y funda
- Aletas
- Reloj de pulsera
- Profundímetro sumergible
- Manómetro sumergible para la presión del cilindro SCUBA
- Arnés tal como un Chaleco Integrado para Buzos (IDV), arnés MK 12, etc.
- Líneas de vida
- Tornillo para hielo de acero inoxidable

Una variedad de equipo especial, tal como cámaras subacuáticas y bolsas de izaje, están disponibles para los buzos [ver la lista NAVSEA/00C Autorizado para Uso de la Marina (ANU) para la identificación específica del equipo autorizado]. Sin embargo, el efecto del frío extremo sobre la operación de equipo especial debe ser averiguado antes de utilizar.

11-2.8

Consideraciones del Sistema de Buceo con Suministro desde Superficie (SBSS). Utilizar SBSS en agua fría o cubierta de hielo requiere la planeación detallada de las operaciones y extenso soporte logístico. Esto incluye protección térmica para una elaborada estación de buceo, cámara de recompresión y equipo de agua caliente. Además, el equipo de buceo puede requerir modificaciones para clima frío. Debido a las consideraciones logísticas, el SCUBA es utilizado en la mayoría de las situaciones de buceo en hielo. Sin embargo, el SBSS puede ser requerido por los tiempos de fondo prolongados, los requerimientos de profundidad y la complejidad de la comunicación entre superficie y el buzo. Cuando se bucea en aguas frías que no están cubiertas de hielo, los requerimientos de logística y equipo de apoyo se reducen; sin embargo, aguas muy frías poseen muchos de los mismos peligros para el buzo con suministro desde superficie como en el buceo en hielo.

11-2.8.1

Ventajas y Desventajas del SBSS.

Las ventajas de utilizar SBSS son:

- Configuración de apoyo con orientación en el trabajo en el fondo.
- El traje de agua caliente y el traje seco de volumen variable ofrecen al buzo máxima protección térmica y ambiental.
- El cable de comunicaciones ofrece comunicación por audio.
- El suministro de gas permite la máxima duración para los límites máximos de profundidad de buceo.

Las desventajas de utilizar SBSS son:

- La consola de aire puede congelarse.

- Los compresores de baja presión no remueven eficientemente la humedad del aire que puede congelarse y obstruir los filtros o fracturar el equipo. Esto es más probable cuando el agua es muy fría y el aire está caliente. Puede tener que utilizarse los bancos de cilindros de alta presión
- La acumulación de aire o gas bajo la cubierta de hielo podría debilitar y fracturar el hielo delgado, poniendo en peligro a los tenders, a otro personal de superficie y al equipo.
- El movimiento del hielo podría atrapar o trabar el umbilical del buzo.
- La vida de las baterías del equipo electrónico es severamente reducida.
- Los componentes del recirculador del depurador de bióxido de carbono pueden tener que ser calentados.
- La descompresión bajo condiciones de frío extremo puede ser peligrosa debido a la temperatura del agua, el movimiento del hielo, etc.
- Los umbilicales están rígidos y se dificulta su manipulación.
- La falla del calentador de agua durante la descompresión en el agua debe considerarse durante la planeación operacional.

11-2.8.2

Efectos de las Condiciones del Hielo sobre el SBSS. Las condiciones del hielo pueden impedir o afectar severamente el buceo con suministro desde superficie. En general, el campo del hielo debe ser estacionario y lo suficiente denso para soportar la estación de buceo y el equipo de apoyo. Si el buceo debe ser realizado a través de un témpano de hielo, el témpano debe ser firmemente sujetado a tierra o a un campo de hielo estable. Las condiciones del hielo severas restringen seriamente o prohíben el buceo con suministro desde superficie a través del hielo (movimiento, hielo o bancos de hielo inestables, y salientes de presión profundas o dentadas que podrían atrapar u obstruir al buzo). En los casos donde un buzo es desplegado desde un bote con anclaje fijo, el bote, los buzos y los umbilicales de los buzos no deben ser amenazados por el movimiento de témpanos de hielo.

11-2.9

Selección del Traje. Los trajes húmedos habituales diseñados para bucear en agua fría, los trajes secos de volumen variable y los trajes de agua caliente han sido todos usados efectivamente para bucear en agua extremadamente fría. Cada uno tiene ventajas y desventajas que deben ser consideradas cuando se planea una misión de buceo en particular. Todos los trajes deben ser inspeccionados antes de utilizarse para asegurar que están en buenas condiciones, sin separaciones en las costuras o cortes en el tejido.

11-2.9.1

Trajes Húmedos. Los trajes húmedos habituales tienen las ventajas de la amplia disponibilidad, simplicidad y menor peligro de falla catastrófica que los trajes secos. Aunque los trajes húmedos no es el equipo de elección, si se utilizan debe considerarse lo siguiente:

- El traje húmedo debe ser mantenido en la mejor condición posible para reducir el flujo de agua dentro y fuera del traje.
- Utilizar calcetas altamente aislantes bajo las botas en un traje húmedo ayudará a mantener los pies calientes.

PRECAUCION

En agua muy fría, el traje húmedo es solamente una medida de protección térmica marginalmente efectiva, y su uso expone al buzo a hipotermia y restricción del tiempo de fondo disponible. Debe considerarse en estas circunstancias el uso de equipo de protección térmica alternativo.

11-2.9.2 Trajes Secos de Volumen Variable. Los trajes secos de volumen variable proporcionan protección térmica superior a los buzos con suministro desde superficie o SCUBA, en el agua y sobre la superficie. Están construidos de manera que el cierre de entrada o sello y todos los sellos de las muñecas y cuello sean impermeables, manteniendo seco el interior. Pueden ser inflados oralmente o desde una fuente de aire de baja presión, vía una válvula de entrada. El aire puede ser expulsado desde el traje por una segunda válvula, permitiendo excelente control de la flotabilidad. El nivel de protección térmica puede ser variado por medio de la cuidadosa selección del tipo y espesor de la ropa interior. Sin embargo, demasiada ropa interior es voluminosa y puede causar acaloramiento, sudoración, y subsecuente enfriamiento del buzo de respaldo. Las desventajas del traje seco son incremento en la fatiga al nadar debido al voluminoso traje, posible mal funcionamiento de las válvulas de entrada y salida, y la necesidad de pesos adicionales para la flotabilidad neutra. Además, si el buzo está horizontal o desplegado con la cabeza por debajo del resto del cuerpo, el aire puede emigrar hacia las extremidades inferiores del traje, causando sobre inflación y pérdida de las aletas y del control de la flotabilidad. Una separación de las costuras o cierre podría resultar en una dramática pérdida del control de la flotabilidad y choque térmico. No obstante, debido a su superior protección térmica, el traje seco es un componente esencial del buceo en agua extremadamente fría.

PRECAUCION **Antes de usar el traje seco de volumen variable y los trajes de agua caliente en aguas frías y cubiertas de hielo, los buzos deben ser entrenados en su uso y estar completamente familiarizados con la operación de estos trajes.**

11-2.9.3 Trajes de Exposición Extrema/Trajes de Agua Caliente. Los trajes de agua caliente proporcionan excelente protección térmica. Si su uso puede ser soportado logísticamente, son una excelente elección cuando los tiempos de fondo son prolongados. No son prácticos para utilizar por los buzos de respaldo expuestos en la superficie.

La falla de un sistema de agua caliente puede ser catastrófica para un buzo en agua muy fría, puesto que el agua caliente es un sistema de soporte de vida bajo tales condiciones. La temperatura del agua caliente debe ser monitoreada cuidadosamente para asegurar que el agua está siendo entregada a la temperatura apropiada. Cuando se utiliza el traje de agua caliente, debe usarse traje húmedo interior. La manguera sobre la superficie debe ser monitoreada para asegurar que no está desapareciendo dentro del hielo. Cuando no está en uso, el calentador y las mangueras deben ser completamente drenados y secados para prevenir congelamiento y ruptura.

11-2.10 Ropa. La planeación apropiada debe incluir la protección de los tenders y del personal de apoyo de superficie por el ambiente. Sin embargo, ropa voluminosa y guantes pesados hacen difíciles aun las tareas rutinarias para el personal de superficie. Pueden también ser considerados guantes y botas externos impermeables. Sin importar el tipo de ropa seleccionada, esta debe estar apropiadamente entallada (llevada sin apretar), y manteniéndola limpia y seca para máximo aislamiento. En la planeación de operaciones en tales condiciones, debe considerarse la reducción de la eficiencia resultante de la prolongada estancia en el sitio. Refiérase al *Manual de Operaciones Polares* para la información completa sobre la protección térmica del personal de apoyo y del equipo.

11-2.11 Equipo Auxiliar. Un reconocimiento detallado del sitio de buceo proporcionará a quien planea, la información que es útil en la decisión de que equipo auxiliar se requiere. El buceo bajo hielo requiere equipo especial, tal como una línea con luces para navegación subacuática, herramientas cortadoras de hielo, plataformas, equipos de protección de maquinaria y tirabuzones para hielo de acero inoxidable.

El método de corte del orificio a través del hielo depende del espesor del hielo y de la capacidad del equipo. Normalmente, dos o más de las siguientes herramientas son utilizadas: picahielos manual, sierra de mano para hielo, taladro de hielo, sierra de cadena, cortador de

hielo térmico o equipo explosivo. Además, es requerido el equipo para levantar los bloques de hielo, remover la nieve derretida y marcar el agujero. También son necesarios sacos de arena, sacos arpillerados, o colchonetas para sentarse los tenders. Deben colocarse escaleras para el caso de que un tender caiga dentro del hoyo.

Si hay una posibilidad de que el personal de apoyo en superficie caiga a través del hielo, deben usarse plataformas de trabajo flotantes, tal como un bote Zodiac inflable. Con tal equipo de flotación, la operación podría continuar o concluirse seguramente si el hielo llega a romperse.

Las máquinas de gasolina y diesel deben ser modificadas para tiempo frío, para prevenir que la máquina se congele. La vibración de las máquinas trabajando sobre el hielo puede ser un problema y pueden requerirse plataformas amortiguadoras.

- 11-2.12 Refugio del Sitio de Buceo.** Puede requerirse equipo de tiendas incluyendo material para armazones y piso, para construir un refugio del sitio de buceo y un rompevientos. Dependiendo de la severidad del clima, lo remoto del sitio y la duración de la misión, los refugios pueden variar desde pequeñas tiendas a furgones de acero para mar y tierra, y cobertizos aislados elaborados, transportados al sitio y erigidos de conjuntos de piezas. Los refugios del sitio de buceo deben tener áreas de almacenamiento para artículos secos y un lugar para secar el equipo. Deben proporcionarse bancos para vestir a los buzos, se deben instalar tarimas para aislamiento, y la calefacción y luz deben ser adecuadas. En un clima extremadamente frío y seco, el fuego y la ventilación inadecuada son peligros siempre presentes. Debe estar disponible un equipo de detección de monóxido de carbono y hacer verificaciones periódicas de todos los espacios de vivienda y trabajo. Los extinguidores de fuego deben estar disponibles en cada refugio.

11-3 PROCEDIMIENTOS PREVIOS AL BUCEO.

- 11-3.1 Consideraciones del Personal.** El Supervisor de buceo debe asegurarse que todo el personal requerido para hacer el buceo, ha sido apropiadamente entrenado en las técnicas de buceo en hielo y está apto físicamente. No se le permitirá a un buzo hacer el buceo si, en opinión del Supervisor de Buceo, sufre del estrés fisiológico de un buceo en hielo (ansiedad, claustrofobia o imprudencia).
- 11-3.2 Consideraciones de la Selección del Sitio de Buceo.** La selección del sitio de buceo dependerá del propósito del buceo y del ambiente geográfico del área (espesor del hielo, condiciones de la superficie del hielo, etc.). Además, el método de buceo seleccionado, las rutas de acceso seguras, localización del refugio, agujeros de emergencia, y la exposición de los buzos y personal de soporte requerido tendrá también una relación con la selección del sitio.
- 11-3.3 Refugio.** Cuando es realizado el buceo en hielo, debe erigirse un refugio tan cerca como sea posible del sitio de buceo, para reducir la probabilidad de congelación del personal y equipo. Normalmente, las tiendas no son colocadas sobre el orificio de buceo porque pueden restringir el movimiento de los tenders y la luz disponible para el buzo. Sin embargo, debe construirse un rompevientos. Un refugio de tiendas modulares y calentadores de espacios es ideal; aunque deben tomarse precauciones para asegurar que el hielo debajo del refugio no se debilita. Debe ser usada extrema precaución cuando se bucea por objetos, tal como aviones derribados, que han caído a través del hielo; el área alrededor del agujero original puede estar peligrosamente debilitada
- 11-3.4 Orificio de Entrada.** Debe utilizarse equipo apropiado para cortar un orificio u orificios convenientes a través del hielo, para dejar un borde limpio alrededor del orificio. No es recomendado utilizar un marro para romper a través del hielo ya que debilitará el hielo circundante. El orificio debe ser un rectángulo de 6 por 3 pies, o un triángulo con lados de 6

pies como se muestra en la [Figura 11-2](#). El orificio triangular es fácil de cortar y es lo suficiente grande para permitir la salida simultánea de dos buzos. La nieve derretida y el hielo deben ser removidos del orificio, no empujarlo bajo la superficie del hielo, ya que podría deslizarse de regreso y bloquear el orificio. Para asistir la salida de los buzos y mejorar el equilibrio para los otros miembros del equipo sobre la superficie del hielo, deben colocarse bolsas de arena o arpillerías alrededor del orificio. Una vez terminado el buceo, el agujero debe marcarse claramente para prevenir cualquier caída accidental. Cuando sea posible, las piezas de hielo cortadas deben ser colocadas nuevamente para acelerar el proceso de congelación.

- 11-3.5 Orificios de Escape.** Los orificios de escape proporcionan puntos de salida alternativos y ayudan en la búsqueda de un buzo perdido. Los orificios de escape deben ser cortados en el hielo corriente abajo cuando se bucea en un río o bahía, donde hay una corriente o flujo de marea.

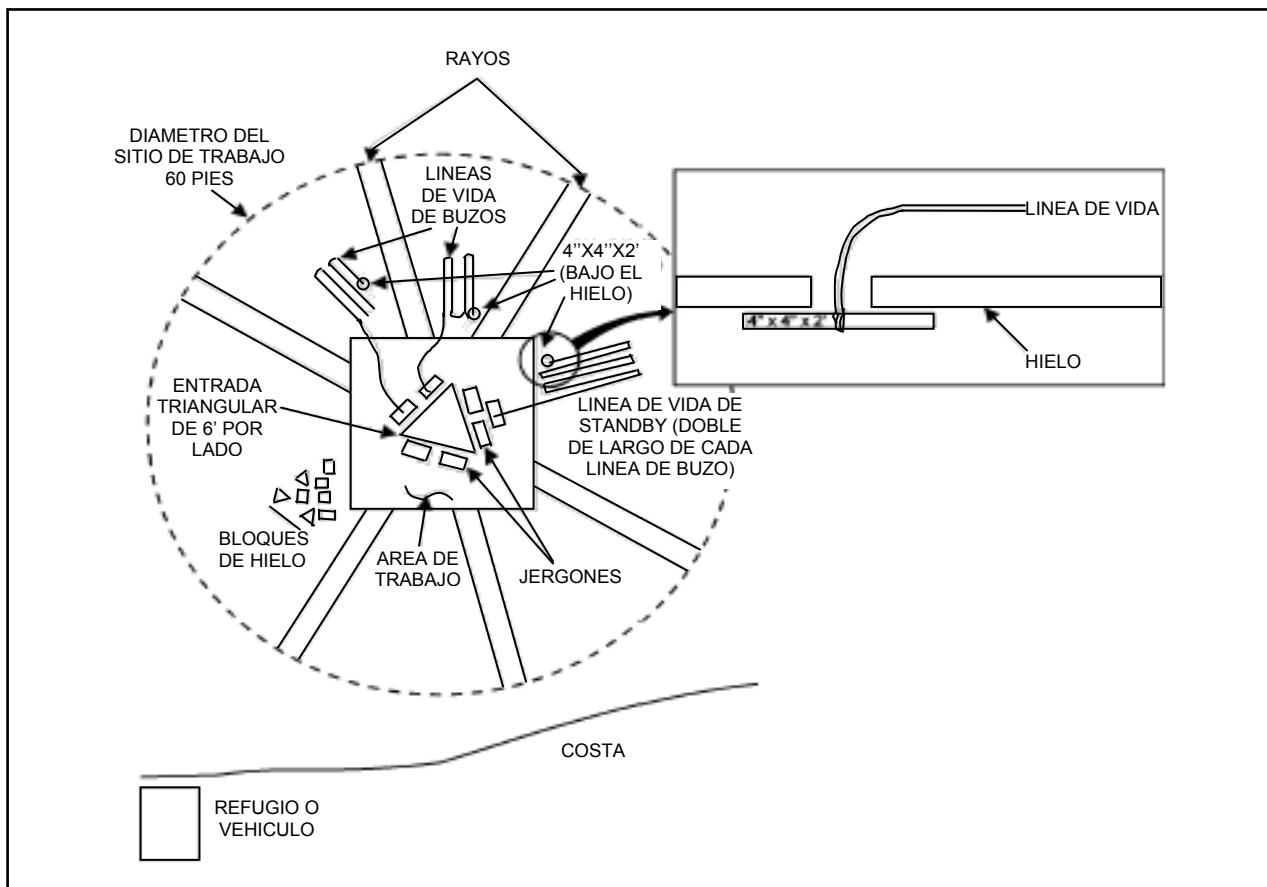


Figura 11-12. Sitio de Trabajo Típico de Buceo en Hielo.

- 11-3.6 Líneas de Navegación.** Una línea lastrada debe colgarse a través del hueco para ayudar al buzo en el empleo de su orientación y sentido de dirección. Puede ser útil suspender una luz al final de la línea, así como colocar una serie de luces estroboscópicas para indicar la profundidad. Después de localizar el sitio de trabajo, debe ponerse una línea de distancia desde la línea lastrada al sitio de trabajo. Otro método para ayudar al buzo a mantener su orientación en agua clara es traspalear la cubierta de nieve sobre el hielo alrededor del sitio de trabajo en la forma de una rueda con rayos (ver [Figura 11-2](#)). Cuando el hielo y la cubierta

de nieve son menores que 2 pies de espesor, el buzo debe ser capaz de ver los rayos conduciendo al orificio de buceo localizado en el centro de la rueda. La rueda debe tener un diámetro mínimo de 60 pies.

11-3.7

Líneas de Vida. Las líneas para atención del buzo son obligatorias cuando se bucea bajo hielo, para ayudar al buzo a localizar el orificio de entrada. Una línea de polipropileno trenzada ha sido probada ser la mejor línea de vida. Tiene la ventaja de flotar arriba y lejos del buzo, y está disponible en amarillo, blanco y anaranjado para mayor visibilidad. Un lazo de línea o un anillo-D y gancho con seguro empalmado en la línea de vida es el método más fácil para unir la línea de vida al buzo. El amarre de la línea de vida en ambos extremos debe ser absolutamente seguro. No ate la línea a un vehículo, pala, caja de primeros auxilios u otro equipo portátil. El método preferido para asegurar el extremo de la línea de vida es con un tornillo para hielo de acero inoxidable atornillado en el hielo. Alternativamente, una tabla de 4"x 4" x 2' colocada bajo el hielo alejada varias yardas de la abertura de buceo, puede usarse para asegurar el extremo de la línea de vida (ver [Figura 11-2](#)). El anillo-D y el gancho con seguro permiten la rápida transferencia de la línea de vida de buzo a buzo en la superficie, a condición de que el gancho no se congele cerrado. Los ganchos con seguro deben ser verificados por corrosión a intervalos frecuentes. Una línea de vida mojada debe mantenerse descubierta del hielo para prevenir su congelamiento con la superficie.

11-3.8

Preparación del Equipo. El buzo debe usar una lámpara que debe ser encendida una vez entrando al agua. Los buzos no deben estar sobrecargados con equipo innecesario durante los buceos en aguas frías. Los snorkels deben ser removidos y los cuchillos llevados en el interior de la pierna para ayudar a prevenir que la línea de vida se atore con el equipo del buzo. El personal, buzos y tenders, deben manejar cuidadosamente los accesorios de hule tal como máscaras y aletas; el frío extremo llega a hacerlos quebradizos.

11-4 PROCEDIMIENTOS SUBACUATICOS

11-4.1

Buceo de Parejas. El buceo bajo el hielo o en aguas extremadamente frías requiere el uso de parejas de buceo. Cuando se bucea a través del hielo, los buzos deben siempre estar atendidos desde superficie. Las consecuencias de amenaza de la vida de la falla del traje, congelamiento del regulador u otros problemas del equipo, hacen a un buzo scuba atendido solitario particularmente vulnerable. Los buzos deben practicar la respiración compartida antes de la operación, debido al incremento de la posibilidad de que esta sea requerida. La eficiencia en el proceso minimizará la pérdida de valioso tiempo durante una emergencia. Usando el equipo [scuba](#) aprobado para agua fría minimizará o eliminará los problemas de congelamiento (ver [párrafo 11-2.3](#)).

11-4.2

Atendiendo al Buzo. La línea de vida debe ser sostenida todo el tiempo por el tender. Como una medida de seguridad adicional durante el buceo en hielo, el extremo de la línea de vida debe ser asegurado a un objeto estacionario para prevenir la caída dentro de la abertura de entrada si es soltada por el tender (ver [Figura 11-2](#)). Es recomendable que la línea de vida sea marcada a intervalos de 10 pies para permitir al tender y al Supervisor de Buceo estimar la posición del buzo. Sin embargo, la posición radial del buzo solamente puede ser aproximadamente estimada. El equipo de buceo debe estar completamente familiarizado con los procedimientos para atención de la línea de vida del [Capítulo 8](#).

La sensibilidad de la línea atendida y la precisión de la posición del buzo por los tenders puede ser difícil con los factores añadidos de la línea de vida trabada en formaciones abajo de la superficie del hielo, línea trabada sobre los bordes inferiores del orificio en el hielo, atendiendo a través de mitones gruesos, y la ausencia de burbujas en la superficie.

11-4.3

Buzo de Respaldo. El buzo y tender de respaldo deben estar disponibles inmediatamente. El buzo de respaldo debe mantenerse caliente hasta que el Supervisor de Buceo determine que es necesario. Si es posible, debe usarse un refugio o rompevientos en el orificio. La línea

de vida del buzo de respaldo debe ser el doble de largo de la línea de vida del buzo, para desempeñar un rastreo circular completo. El buzo de respaldo debe estar vestido con excepción de las aletas, máscara y tanques. Estos estarán listos para ponérselos inmediatamente.

11-5 PRECAUCIONES DE OPERACION

Los procedimientos normales generalmente aplican al buceo en ambientes extremadamente fríos. Sin embargo, la probabilidad incrementada de congelamiento del regulador llama por la total familiarización con los procedimientos de respiración compartida descritos en el [Capítulo 7](#). Esta sección señala algunas de las precauciones para operar en agua fría y cubierta de hielo.

11-5.1 Precauciones Generales.

Las precauciones generales para las operaciones de buceo en hielo y agua fría incluyen:

- Los buzos deben estar bien descansados, tener una comida alta en carbohidratos y proteínas, y no deben consumir ningún alcohol. El alcohol dilata los vasos sanguíneos en la piel, incrementando así la perdida de calor corporal.
- El baño es una importante medida de salud para prevenir enfermedades infecciosas prevalentes en ambientes fríos. Si es necesario, se puede dar baño de esponja al cuerpo bajo la ropa.
- Despues del baño, puede ser aplicado un linimento calmante o loción para mantener la piel suave y protegida contra la evaporación causada por el aire seco.
- El afeitado y lavado de la cara debe hacerse en la noche, ya que el afeitado remueve aceites protectores de la piel. El afeitado demasiado frecuente puede también remover alguna de la capa protectora de la piel, promoviendo la congelación.

11-5.2 Condiciones del Hielo.

La inconsistencia y dinámica del hielo en cualquier área particular pueden hacer extremadamente peligrosas las operaciones de buceo. El movimiento de los témpanos de hielo puede ser muy significativo sobre un periodo de tiempo relativamente corto, requiriendo relocalización frecuente del sitio de buceo y la apertura de nuevos orificios de acceso para trabajar un sitio fijo sobre el lecho marino. Bucear desde hielo a la deriva o en medio de hielo roto libre es peligroso, y debe ser realizado solamente si es absolutamente necesario.

Los movimientos diferenciales de la superficie y de las capas de presión abajo de la superficie o témpanos, podrían cerrar un orificio de acceso, cortar un umbilical de buceo, y aislar o comprimir a un buzo. La abertura de una grieta en el hielo cerca del sitio de buceo podría resultar en perdida de las instalaciones de apoyo en el hielo, así como accidentes en el buzo.

11-5.3 Precauciones en el Vestido.

Con un traje de la talla apropiada y todos los sellos en su lugar, el buzo puede normalmente mantenerse caliente y seco por cortos periodos en aún el agua más fría. Cuando se viste para un buceo en hielo o agua fría:

- Los trajes de protección térmica deben ser verificados cuidadosamente por cortes y separaciones en el tejido. Los trajes de protección térmica deben exponer solo un mínimo del área facial.
- Los mitones, botas y sellos deben prevenir la entrada de agua, mientras no causen restricción de la circulación. Vestir un gorro tejido bajo la capucha de un traje seco es efectivo en la conservación del calor corporal. Con el gorro puesto lo suficientemente

atrás para permitir que el sello del visor asiente apropiadamente, la cabeza estará relativamente seca y confortable.

11-5.4 Precauciones Sobre la Superficie. Mientras se está en superficie:

- Los buzos vestidos deben estar protegidos del sobrecalentamiento y la transpiración asociada antes de entrar al agua. El sobrecalentamiento ocurre fácilmente cuando se opera desde un cobertizo caliente, especialmente si es requerido ejercicio del buzo para llegar al sitio de buceo. El confort del buzo puede ser mejorado y la sudoración retrasada antes de entrar al agua enfriando la cara de los buzos con un paño húmedo y ventilándolos cada pocos minutos. La transpiración humedecerá la ropa interior, reduciendo grandemente su capacidad de aislamiento térmico.
- Mientras esperan para entrar al agua, los buzos deben evitar sentarse o descansar sus pies sobre el hielo o el piso frío del cobertizo. Aun en un cobertizo aislado, la temperatura del piso puede estar cerca del congelamiento.
- El tiempo en la superficie con el buzo vestido, pero relativamente inactivo, debe minimizarse para prevenir enfriamiento del buzo. El tiempo en superficie puede también enfriar los componentes metálicos del equipo de buceo, tal como las válvulas del traje y reguladores SCUBA, debajo del punto de congelación y causar que las partes se hielen cuando el buzo entre al agua. El ensayo del vestido antes de bucear ayudará a minimizar los retrasos en superficie.
- Cuando se opera desde un bote abierto, deben usarse chaquetones pesados o rompevientos sobre los trajes expuestos.
- Cuando se opera en la superficie de una nueva formación de hielo, debe tenerse cuidado para evitar cortar la piel de la cara expuesta. Tales heridas ocurren fácilmente y, aunque no dolorosas por el entumecimiento de la piel, normalmente sangran profusamente.
- Buceando desde una playa y sin una embarcación de apoyo debe ser limitado a una distancia que permita a los buzos retornar a la playa con los trajes inundados.
- Debe ser ejercida extrema precaución cuando se bucea cerca de quillas de hielo en las regiones polares, porque frecuentemente se moverán con la acción de la marea, viento o corriente. Si esto ocurre, pueden atorar el umbilical y arriesgar la seguridad del buzo.

11-5.5 Precauciones en el Agua.

- Debido al severo enfriamiento que puede resultar en disminución del juicio, las tareas a ser desempeñadas bajo el agua deben estar claramente identificadas, practicadas y mantenerlas en lo simple.
- Un buceo debe terminarse con la instalación de temblores involuntarios o disminución severa de la destreza manual.
- Si el traje expuesto se rasga o inunda, el buzo debe salir a la superficie inmediatamente, sin importar el grado de inundación. El efecto del enfriamiento extremo del agua fría puede causar choque térmico en minutos, dependiendo de la extensión de la inundación.
- Los buzos y Supervisores de Buceo deben estar alertas de los efectos térmicos acumulativos del buceo repetitivo. Un débito térmico puede acumularse sobre los días sucesivos de buceo, resultando en fatiga incrementada y reducción del desempeño. La hipotermia progresiva asociada con el largo y lento enfriamiento del cuerpo, aparece

para causar caída significativa de la temperatura central antes de que inicien los escalofríos y la producción de calor.

11-5.6 Precauciones Posteriores al Buceo. Una vez saliendo del agua fría, un buzo probablemente estará fatigado y grandemente susceptible a enfriamiento adicional:

- Si fue usado un traje húmedo, la irrigación inmediata con agua caliente una vez que sale a superficie tendrá un confortable efecto de remplazo de calor.
- Las instalaciones deben estar provistas para permitir al buzo secarse en un ambiente confortable, seco y relativamente caliente para recuperar la pérdida de calor corporal.
- El buzo debe quitarse el traje húmedo, secarse, y ponerse ropa caliente protectora tan pronto como sea posible. El personal debe tener disponible ropa seca caliente, cobijas y bebidas calientes no alcohólicas.

11-6 PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA

11-6.1 Buzo Perdido. Un buzo que llega a separarse de la línea de vida y no puede localizar la abertura de entrada debe:

1. Ascender a la superficie bajo el hielo.
2. Quitar el cinturón de lastre y permitir que caiga.
3. Atornillar un tornillo de hielo en el lado inferior del hielo para mantener la posición.
4. Permanecer en una posición vertical, para maximizar el perfil vertical y de ese modo atorar la línea de vida del buzo de respaldo rastreando.
5. Observar por la línea de vida y la línea de vida del buzo de respaldo, y esperar por el arribo de este. El buzo perdido NO DEBE intentar relocalizar el orificio. Debe permanecer calmado y observando por el buzo de respaldo.

11-6.2 Buscando a un Buzo Perdido. Tan pronto como el tender falle en obtener respuesta del buzo, debe notificar al Supervisor de Buceo inmediatamente. Estos procedimientos son para implementarse al mismo tiempo:

1. El Supervisor de Buceo llamará inmediatamente a todos los otros buzos.
2. El Supervisor de Buceo debe estimar la probable localización del buzo perdido evaluando la velocidad y dirección de travesía del buzo.
3. Dirigido por el Supervisor de Buceo, el buzo de respaldo entra al agua y nada en la dirección indicada, una distancia igual al doble de la que se cree que cubrió el buzo perdido. La distancia puede ser la total extensión de la línea de vida del buzo de respaldo, ya que es el doble de largo de la línea de vida del buzo perdido.
4. El tender debe mantener tensa la línea de vida del buzo de respaldo.
5. El buzo de respaldo realiza un barrido circular.
6. Cuando la línea de vida se atora en el buzo perdido, el buzo de respaldo nada hacia el buzo señalando al tender para que la afloje.

7. Una vez localizado el buzo perdido, el buzo de respaldo asiste al buzo a regresar al agujero.
8. Si el primer barrido falla, debe ser repetido solamente una vez antes de mover la búsqueda al más probable agujero de emergencia.

11-6.3

Hipotermia. Cuando se bucea en agua fría, la hipotermia puede predisponer al buzo a enfermedad de descompresión. La hipotermia es fácilmente diagnosticada. El buzo hipotérmico pierde la fuerza muscular, la capacidad para concentrarse y puede llegar a estar irracional o confundido. La víctima puede temblar violentamente, o, con hipotermia severa, el estremecimiento puede ser reemplazado por rigidez muscular. La hipotermia profunda puede deprimir tanto el latido cardíaco y la respiración que la víctima parece muerta. Sin embargo, un buzo no debe ser considerado muerto hasta que el buzo ha sido recalentado y todos los intentos de resucitación han sido probados sin éxito.

La hipotermia demanda tratamiento inmediato y pronta evacuación a una instalación médica. A un buzo hipotérmico no se le debe permitir caminar; el buzo debe ser transportado en una posición horizontal. El manejo inapropiado del buzo puede causar ritmos peligrosos del corazón y una caída en la temperatura central corporal, conocida como caída posterior.

11-7 REFERENCIAS ADICIONALES

Para información sobre las condiciones de tiempo frío extremo y el ambiente polar, refiérase a:

- *Una Guía para Operaciones en Tiempo Frío Extremo* (Centro de Seguridad Naval, Julio de 1986)
- *Manual de Operaciones Polares S0300-A5-MAN-010* (Centro del Sistema Naval Costero) (NCSC)
- Guía para Buceo Polar (Oficina de Investigación Naval, Junio de 1976)
- *Manual de Operaciones Árticas UCT NAVFAC P-992*
(Para obtener una copia de este manual, contacte a Programa de Instalaciones Oceánicas NAVFAC)

Página en blanco intencionalmente

A P E N D I C E 2 A

Tablas Opcionales para Buceo en Agua Poco Profunda

2-A1.1

Introducción. En las profundidades bajas, típicas del buceo para mantenimiento de barcos, un pequeño cambio en la máxima profundidad del buzo puede hacer una diferencia significativa en el tiempo de no-descompresión permisible. Por ejemplo, a 35 pam, el tiempo de no-descompresión con aire es 232 minutos; a 40 pam es solamente 163 minutos, más de una hora menos. Cuando la máxima profundidad del buzo es conocida exactamente al inicio del buceo, por ejemplo, buceos en tanques de lastre, o cuando está disponible un registro electrónico continuo de la profundidad, como con una computadora de descompresión, el uso de una tabla de descompresión con la profundidad listada en incrementos de un pie en lugar de incrementos de cinco pies, puede resultar en una ganancia significativa en el tiempo de no-descompresión.

Las Tablas de Buceo para Aguas Poco Profundas que cubren el rango de profundidad de 30-50 pam en incrementos de un pie están en las [Tablas 2A-1](#) y [2A-2](#). Estas tablas son simplemente una extensión de las [Tablas 9-7](#) y [9-8](#) y las reglas para utilizar las [Tablas 2A-1](#) y [2A-2](#) son idénticas a las reglas para utilizar las [Tablas 9-7](#) y [9-8](#). Estas Tablas de Buceo para Aguas Poco Profundas son opcionales. Pueden utilizarse en lugar de las [Tablas 9-7](#) y [9-8](#) si ofrecen una ganancia en el tiempo de no-descompresión. Las Tablas de Buceo para Aguas Poco Profundas son más adecuadas para buceo de mantenimiento de barcos, pero pueden utilizarse también en otras aplicaciones de buceo con aire a poca profundidad.

Tabla 2A-1. Límites de No-Descompresión y Designadores de Grupo Repetitivo para Buceos con Aire de No-Descompresión en Aguas Poco Profundas.

Prof. (pam)	Límite Sin Paradas (min)	Designación de Grupo Repetitivo																
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z	
30	371	17	27	38	50	62	76	91	107	125	145	167	193	223	260	307	371	
31	334	16	26	37	48	60	73	87	102	119	138	158	182	209	242	282	334	
32	304	15	25	35	46	58	70	83	98	114	131	150	172	197	226	261	304	
33	281	15	24	34	45	56	67	80	94	109	125	143	163	186	212	243	281	
34	256	14	23	33	43	54	65	77	90	104	120	137	155	176	200	228	256	
35	232	14	23	32	42	52	63	74	87	100	115	131	148	168	190	215	232	
36	212	14	22	31	40	50	61	72	84	97	110	125	142	160	180	204	212	
37	197	13	21	30	39	49	59	69	81	93	106	120	136	153	172	193	197	
38	184	13	21	29	38	47	57	67	78	90	102	116	131	147	164	184		
39	173	12	20	28	37	46	55	65	76	87	99	112	126	141	157	173		
40	163	12	20	27	36	44	53	63	73	84	95	108	121	135	151	163		
41	155	12	19	27	35	43	52	61	71	81	92	104	117	130	145	155		
42	147	11	19	26	34	42	50	59	69	79	89	101	113	126	140	147		
43	140	11	18	25	33	41	49	58	67	76	87	98	109	122	135	140		
44	134	11	18	25	32	40	48	56	65	74	84	95	106	118	130	134		
45	125	11	17	24	31	39	46	55	63	72	82	92	102	114	125			
46	116	10	17	23	30	38	45	53	61	70	79	89	99	110	116			
47	109	10	16	23	30	37	44	52	60	68	77	87	97	107	109			
48	102	10	16	22	29	36	43	51	58	67	75	84	94	102				
49	97	10	16	22	28	35	42	49	57	65	73	82	91	97				
50	92	9	15	21	28	34	41	48	56	63	71	80	89	92				

Tabla 2A-2. Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos Repetitivos con Aire en Agua Poco Profunda.

Localice la designación de grupo repetitivo del buzo de su buceo previo a lo largo de la línea diagonal a través de la tabla. Lea horizontalmente por el intervalo en el cual está situado el intervalo en superficie del buzo.

Después, lea verticalmente hacia abajo para la designación de nuevo grupo repetitivo. Continúe hacia abajo en la misma columna hasta la fila que representa la profundidad del buceo repetitivo. El tiempo dado en la intersección es el tiempo de nitrógeno residual, en minutos, para ser aplicado al buceo repetitivo.

* Los buceos seguidos de un intervalo en superficie más largos que esto no son buceos repetitivos. Use los tiempos de fondo reales en las Tablas de Descompresión con Aire para calcular la descompresión de tales buceos.

Grupo Repetitivo al Inicio del Intervalo en Superficie															Grupo Repetitivo al Final del Intervalo en Superficie																		
Profundidad de Buceo		Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
30	372	308	261	224	194	168	146	126	108	92	77	63	51	39	28	18	31	334	282	243	210	183	159	139	120	103	88	74	61	49	38	27	17
32	305	262	227	198	173	151	132	115	99	85	71	59	47	36	26	17	33	282	244	213	187	164	144	126	110	95	81	69	57	46	35	25	16
34	262	229	201	177	156	138	121	105	91	78	66	55	44	34	25	16	35	245	216	191	169	149	132	116	101	88	75	64	53	43	33	24	15
36	231	204	181	161	143	126	111	98	85	73	62	51	41	32	23	15	37	218	194	173	154	137	122	107	94	82	70	60	50	40	31	23	14
38	207	185	165	148	132	117	103	91	79	68	58	48	39	30	22	14	39	197	177	158	142	127	113	100	88	77	66	56	47	38	29	21	14
40	188	169	152	136	122	109	97	85	74	64	55	45	37	29	21	13	41	180	163	146	132	118	105	93	82	72	62	53	44	36	28	20	13
42	173	156	141	127	114	102	91	80	70	61	52	43	35	27	20	13	43	166	150	136	123	110	99	88	78	68	59	50	42	34	26	19	12
44	160	145	131	119	107	96	85	75	66	57	49	41	33	26	19	12	45	154	140	127	115	104	93	83	73	64	56	48	40	32	25	18	12
46	149	136	123	111	101	90	81	71	63	54	46	39	32	25	18	12	47	144	131	119	108	98	88	78	70	61	53	45	38	31	24	18	11
48	139	127	116	105	95	85	76	68	60	52	44	37	30	24	17	11	49	135	123	112	102	92	83	74	66	58	51	43	36	30	23	17	11
50	131	120	109	99	90	81	73	65	57	49	42	35	29	23	17	11																	

Tiempos de Nitrógeno Residual (Minutos)

SS521-AG-PRO-010

0910-LP-106-0957

REVISION 6

Manual de Buceo de la Marina de E. U.



Volumen 1	Principios y Políticas del Buceo
Volumen 2	Operaciones de Buceo con Aire
Volumen 3	Operaciones de Buceo con Mezcla de Gases Suministrada desde Superficie
Volumen 4	Operaciones de Buceo con Circuito Semi- Cerrado y Circuito Cerrado
Volumen 5	Medicina del Buceo y Operación de Cámaras de Recompresión

DECLARACION DE DISTRIBUCION: ESTE DOCUMENTO HA SIDO APROBADO PARA SU DISTRIBUCIÓN Y VENTA PUBLICA; ESTA DISTRIBUCIÓN ES ILIMITADA.

SUSTITUYE A SS521-AG-PRO-010, REVISION 5, Fechado el 15 de Agosto de 2005.

PUBLICADO POR DIRECCIÓN DEL COMANDANTE, COMANDO DE SISTEMAS MARINOS NAVALES

15 de ABRIL de 2008

Prefacio

Departamento de la Marina
Comando de Sistemas Marinos Navales
14 de Abril de 2008

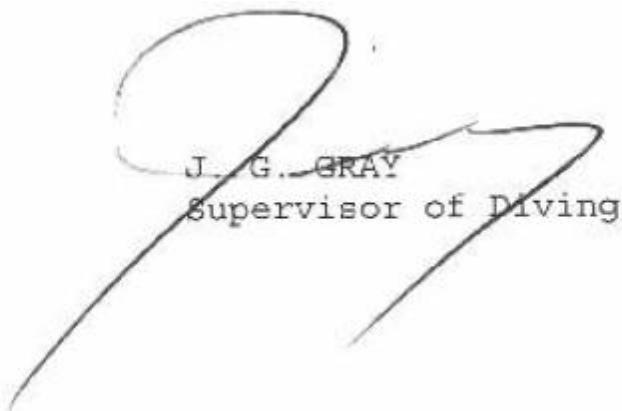
La Revisión Seis del manual de Buceo de la Marina de E.U. representa el mayor cambio a los procedimientos de buceo desde 1956. El manual debe revisarse completamente, pero por favor ponga particular atención a los Capítulos 9, 14, 17, 18, 20 y 21.

Nos gustaría agradecer a la Flota. Recibimos el aporte inteligente y comprensivo de múltiples Comandos que estaban listos a abrazar el cambio. La Flota merece una gran cantidad de crédito. Aquí en NAVSEA, el consejo de mis maestros, MDV Pratschner, MDV Boyd, y MDV Orns, representando más de 75 años de experiencia, fue vital para nuestra transición. Mis compañeros de equipo Don Fegley y John Gillispie, quienes hicieron desaparecer los problemas técnicos, nos mantuvieron en el programa. Mi amigo, Lt Jim Pearson, de la Royal Navy, nos dio la perspectiva necesaria para lograr nuestras metas. La inteligencia pura de mis mentores, Dr. Bob Whaley y el Capt. John Murray, garantizaron el rigor académico.

Lejos de casa, la NEDU y la Escuela de Buceo jugaron los papeles esenciales en la redacción y configuración de esta revisión. Me gustaría agradecer a mis amigos, Capt. Steve Reimers, Capt. Randy Getman y CDR Chris Moore, por su apoyo.

Más que cualquier otro, esta revisión es el triunfo de 40 años de dedicación leal a nuestro país por el Dr. Ed Flynn.

El trabajo sobre la Revisión Siete inició hoy. La Revisión Siete cambiará completamente el formato del Manual de Buceo, eliminando duplicaciones e inconsistencias. Sobre todo, será organizado a fin de que todos los requerimientos sean encontrados en el primer capítulo.



J. G. GRAY
Supervisor of Diving

Prologo

Departamento de la Marina
Comando de Sistemas Marinos Navales
15 de Junio de 2008

Desde los pasados 1950's el Manual de Buceo de la Marina de E.U. sirvió como el estándar internacionalmente reconocido para la exposición permisible mientras se respira aire comprimido a diversas profundidades. Las "Tablas de Aire" del Manual de Buceo de la USN de 1956/1957 también proporcionaron las cédulas de descompresión prescritas para los perfiles de buceo que excedían los límites de exposición permisibles.

Recientemente, tres eventos causaron que la Armada revisara las Tablas de Aire de 1956/1957 y condujo a esta revisión del manual de buceo.

1. Proporciones inaceptables de enfermedad de descompresión experimentadas durante el salvamento del TWA800 en 1996 mientras se utilizaban las "Tablas de Aire" y Tablas Sur "D" O₂ del Manual de Buceo USN de 1956/1957 en rangos de profundidad seleccionados arriba de 100 pies.
2. Prácticas de buceo comercial las cuales migraron lejos de las "Tablas de Aire" del Manual de Buceo USN de 1956/1957 debido a proporciones inaceptables de enfermedad de descompresión en buceos de larga duración/poca profundidad.
3. Más importantemente, la investigación seminal dentro de la medicina hiperbárica conducida por el Dr. Edward D. Thalmann, Capitan, MC, USN (retirado), que desarrolló un algoritmo matemático que modeló el intercambio de gas en los tejidos humanos ofreciendo la promesa de las guías menos riesgosas para el buceo con aire.

En 1998, la Unidad de Buceo experimental de la Armada inició el desarrollo del proceso para remplazar las Tablas de Aire de 1956/1957 y condujo a la selección del Algoritmo de Thalmann como la base de una nueva Tabla de Aire. Eventualmente fue adoptada una variación del Algoritmo de Thalmann como un resultado de prueba empírico y retroalimentación operacional de la Flota.

La Revisión 6 del Manual de Buceo de la Marina de E.U. representa la culminación de la investigación y validación empírica de las tablas de buceo con aire contenidas aquí. Además de Thalmann, los esfuerzos de dos personas perduran por encima de todos los otros en analizar y meticulosamente documentar el producto final para esta más comprensiva revisión del Manual de Buceo de la Marina de E.U. en 15 años. Estos individuos son el Dr. Edward T. Flynn, Capitan, MC, USN (Retirado) de la Oficina del Supervisor de Buceo y Salvamento y el Dr. Wayne A. Gerth, Ph.D. de la Unidad de Buceo Experimental de la Armada. Los futuros buzos de la Armada y civiles hasta ahora no nacidos adeudan a estos hombres una deuda de gratitud por el buceo intrínsecamente más seguro que resultará de su labor incansable e intelecto brillante.



Richard Hooper
Director of Ocean Engineering
Supervisor of Salvage and Diving

Operaciones de Buceo con Mezcla de Gases Suministrada desde Superficie

- | | |
|----|--|
| 12 | Teoría del Buceo con
Mezcla de Gases |
| 13 | Planeación de
Operaciones con
Mezcla de Gases |
| 14 | Procedimientos de
Buceo con Mezcla de
Gases Suministrada
desde Superficie |
| 15 | Buceo de Saturación |
| 16 | Procedimientos de
Mezcla de Gases de
Respiración |
-



Volumen 3 – Tabla de Contenido

Cap/Párr	Página
12 TEORIA DEL BUCEO CON MEZCLA DE GASES	
12-1 INTRODUCCION	12-1
12-1.1 Objetivo.....	12-1
12-1.2 Alcance	12-1
12-2 LEY DE BOYLE.....	12-1
12-3 LEY DE CHARLES/GAY LUSSAC	12-4
12-4 LEY GENERAL DE LOS GASES	12-7
12-5 LEY DE DALTON	12-11
12-6 LEY DE HENRY.....	12-13
13 PLANEACION OPERACIONAL CON MEZCLA DE GASES	
13-1 INTRODUCCION	13-1
13-1.1 Objetivo.....	13-1
13-1.2 Alcance	13-1
13-1.3 Fuentes de Información Adicionales	13-1
13-1.4 Complejidad del Buceo con Mezcla de Gases.....	13-1
13-1.5 Consideraciones Médicas	13-1
13-2 ESTABLECIMIENTO DE TAREAS OPERACIONALES	13-2
13-3 SELECCIÓN DEL METODO Y EQUIPO DE BUCEO	13-2
13-3.1 Métodos de Buceo con Mezcla de Gases.....	13-2
13-3.2 Consideraciones de los Métodos	13-3
13-3.3 Profundidad	13-3
13-3.4 Requerimientos de Tiempo de Fondo	13-4
13-3.5 Medio Ambiente.....	13-4
13-3.6 Movilidad.....	13-5
13-3.7 Selección del Equipo	13-5
13-3.8 Características Operacionales	13-5
13-3.9 Equipo de Apoyo y VORs (ROVs).....	13-5
13-3.9.1 Tipos de VORs	13-6
13-3.9.2 Capacidad del VOR.....	13-6
13-3.10 Requerimientos de Gas de Respiración del Buzo.....	13-6

Cap/Párr		Página
13-3.10.1	Promedio de Consumo de Gas	13-7
13-3.10.2	Requerimientos del Buceo con Suministro desde Superficie.....	13-7
13-4	SELECCIÓN Y REUNION DEL EQUIPO DE BUCEO	13-7
13-4.1	Entrenamiento del Buzo	13-7
13-4.2	Requerimientos de Personal	13-7
13-4.3	Fatiga del Buzo.....	13-9
13-5	INSTRUCCIONES AL EQUIPO DE BUCEO	13-9
13-6	PREPARACIONES FINALES Y PRECAUCIONES DE SEGURIDAD	13-9
13-7	MANTENIMIENTO DE REGISTROS.....	13-10
13-8	EQUIPO DE BUCEO CON MEZCLA DE GASES	13-10
13-8.1	Equipo Mínimo Requerido	13-10
13-8.2	Consideraciones operacionales.....	13-10
13-8.3	Sistema de Buceo Transportable por Aire III (FADS III) con Sistema de Mezcla de Gases (FMGS).....	13-11
14	PROCEDIMIENTOS DE BUCEO CON MEZCLA DE GASES SUMINISTRADA DESDE SUPERFICIE	
14-1	INTRODUCCION	14-1
14-1.1	Objetivo.....	14-1
14-1.2	Alcance	14-1
14-2	PLANEACION DE LAS OPERACIONES	14-1
14-2.1	Profundidad y Límites de Exposición	14-1
14-2.2	Ascenso a Altitud	14-1
14-2.3	Temperatura de el agua	14.1
14-2.4	Mezcla de Gases	14-2
14-2.5	Suministro de Gas de Emergencia	14-2
14-3	PROCEDIMIENTOS DE DESCENSO Y ASCENSO CON HELIO-OXÍGENO SUMINISTRADO DESDE SUPERFICIE	14-2
14-3.1	Selección de la Mezcla de Fondo.....	14-2
14-3.2	Selección de la Cédula de Descompresión.....	14-2
14-3.3	Velocidades de Viaje y Tiempos de Parada.....	14-3
14-3.4	Gas de Respiración en la Descompresión	14-3
14-3.5	Procedimientos Especiales para Descenso con Menos de 16% de Oxígeno	14-3
14-3.6	Abortando el Buceo Durante el Descenso	14-4

Cáp/Párr	Página
14-3.7 Procedimientos para Cambiar a 50% Helio/50% O ₂ a 90 pam	14-5
14-3.8 Procedimientos para cambiar a 100% O ₂ a 30 pam	14-5
14-3.9 Rompimientos con Aire a 30 y 20 pam	14-5
14-3.10 Ascenso desde la Parada en el Agua a 20 pam	14-6
14-3.11 Procedimientos de Descompresión en Superficie (SurDO ₂).....	14-6
14-3.12 Variación en la Velocidad de Ascenso	14-7
14-3.12.1 Arribo Temprano a la Primera Parada.....	14-7
14-3.12.2 Retrasos en Arribar a la Primera Parada	14-7
14-3.12.3 Retraso en Dejar una Parada o en Arribar a la Próxima Parada.....	14-8
14-3.12.4 Retraso en el Ascenso desde 40 pam a la Superficie para Descompresión en Superficie.....	14-8
14-4 PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA CON HELIO-OXÍGENO SUMINISTRADO DESDE SUPERFICIE	14-8
14-4.1 Tiempo de Fondo en Exceso de la Tabla.....	14-8
14-4.2 Pérdida del Suministro de HeO ₂ en el Fondo	14-9
14-4.3 Pérdida del Suministro de 50% O ₂ Durante la Descompresión en el Agua.....	14-9
14-4.4 Pérdida del Suministro de Oxígeno Durante la Descompresión en el Agua	14-10
14-4.5 Pérdida del Suministro de Oxígeno en la Cámara Durante la Descompresión en Superficie	14-10
14-4.6 Contaminación del Suministro de Gas de Descompresión.....	14-11
14-4.7 Síntomas de Toxicidad por Oxígeno del SNC (No Convulsivos) en las Paradas en el Agua a 90 y 60 pam.....	14-11
14-4.8 Convulsiones por Oxígeno en las Paradas en el Agua a 90-60 pam	14-12
14-4.9 Síntomas de Toxicidad por Oxígeno del SNC (No Convulsivos) en las Paradas en el Agua a 50 y 40 pam	14-13
14-4.10 Convulsiones por Oxígeno en las Paradas en el Agua a 50-40 pam	14-14
14-4.11 Síntomas de Toxicidad por Oxígeno del SNC (No Convulsivos) en las Paradas en el Agua a 30 y 20 pam	14-14
14-4.12 Convulsiones por Oxígeno en las Paradas en el Agua a 30 y 20 pam.....	14-15
14-4.13 Síntomas de Toxicidad por O ₂ en la Cámara	14-15
14-4.14 Intervalo en Superficie Mayor a 5 Minutos	14-15
14-4.15 Descompresión Omitida Asintomática.....	14-16
14-4.15.1 Descompresión Omitida Desde una Profundidad Mayor que 50 pam ..	14-16
14-4.16 Descompresión Omitida Sintomática	14-16
14-4.17 Buzo Aturdido o Mareado en el Fondo	14-17
14-4.17.1 Manejo Inicial.....	14-18
14-4.17.2 Vértigo	14-18
14-4.18 Buzo Inconsciente en el Fondo	14-18
14-4.19 Enfermedad de Descompresión en el Agua.....	14-19
14-4.19.1 Enfermedad de Descompresión a Mayor Profundidad que 30 pam	14-19

Cáp/Párr	Página
14-4.19.2 Enfermedad de Descompresión a 30 pam y Menos Profundo	14-20
14-4.20 Enfermedad de Descompresión Durante el Intervalo en Superficie	14-20
14-5 REGISTROS DE LOS BUCEOS CON HELIO OXÍGENO SUMINISTRADO DESDE SUPERFICIE	14-20
14.5.1 Reportando un Buceo con HeO ₂	14-21
14-6 BUCEO A ALTITUD	14-21
 15 BUCEO DE SATURACION	
15-1 INTRODUCCION	15-1
15-1.1 Objetivo.....	15-1
15-1.2 Alcance	15-1
 SECCION UNO – SISTEMAS DE BUCEO PROFUNDO	
15-2 APPLICACIONES	15-1
15-3 COMPONENTES BASICOS DE UN SISTEMA DE SATURACIÓN	15-1
15-3.1 Cápsula de Transferencia de Personal	15-1
15-3.1.1 Suministro de Gas	15-1
15-3.1.2 Sistema de Presurización/Despresurización	15-3
15-3.1.3 Sistema de Soporte de Vida de la Campana	15-3
15-3.1.4 Sistema Eléctrico	15-3
15-3.1.5 Sistema de Comunicación	15-3
15-3.1.6 Cables de Comunicación, Energía y Fuerza (CCEFs).....	15-3
15-3.1.7 Umbilical Principal de la Campana	15-3
15-3.1.8 Sistema de Agua Caliente del Buzo	15-3
15-3.2 Cámara de Descompresión en Cubierta (DDC)	15-4
15-3.2.1 Sistema de Soporte de Vida de la Cámara (SSV).....	15-4
15-3.2.2 Sistema Sanitario.....	15-4
15-3.2.3 Sistema de Extinción de Fuego	15-4
15-3.2.4 Consola de Control Principal (CCP)	15-4
15-3.2.5 Mezcla y Almacenamiento del Suministro de Gas	15-4
15-3.3 Sistema de Manejo de la Campana.....	15-4
15-3.3.1 Características del Sistema de Manejo	15-5
15-3.4 Equipo de Buceo de Saturación con Mezcla de Gases	15-5
15-4 INSTALACIONES DE SATURACIÓN DE LA MARINA DE E. U.	15-6
15-4.1 Unidad de Buceo Experimental de la Marina (NEDU), Panama City, FL.....	15-6
15-4.2 Laboratorio de Investigación Médica Submarina Naval (NSMRL), New London, CT	15-6
 SECCION DOS – SISTEMAS DE SOPORTE DE VIDA DEL BUZO	
15-5 INTRODUCCION	15-6

Cap/Párr	Página
15-6 SISTEMA DE PROTECCION TERMICA	15-6
15-6.1 Calentamiento del Buzo	15-9
15-6.2 Calentamiento del Gas Inspirado	15-9
15-7 APARATOS DE RESPIRACIÓN SUBACUATICOS EN BUCEO DE SATURACION	15-9
15-8 CONSUMO DE GAS EN LOS UBA	15-10
15-8.1 Buceos Específicos	15-10
15-8.2 Duración del Suministro de Gas de Emergencia	15-11
15-8.3 Composición del Gas	15-12
SECCION TRES – OPERACIONES CON BUCEO DE SATURACION	
15-9 INTRODUCCION	15-13
15-10 CONSIDERACIONES OPERACIONALES	15-13
15-10.1 Selección del equipo de Buceo	15-13
15-10.2 Entrenamiento de Misión	15-13
15-11 SELECCION DE LA PROFUNDIDAD DE VIVIENDA	15-13
15-12 REGISTROS	15-14
15-12.1 Bitácora del Comando de Buceo.....	15-14
15-12.2 Protocolo Maestro	15-14
15-12.2.1 Modificaciones	15-14
15-12.2.2 Elementos.....	15-15
15-12.3 Hoja de Datos de la Atmósfera de la Cámara.....	15-15
15-12.4 Compartimento de Servicio	15-15
15-12.5 Bitácora de Maquinaria/Reporte del Estado del Gas	15-15
15-12.6 Procedimientos Operacionales (POs)	15-15
15-12.7 Procedimientos de Emergencia (PEs)	15-15
15-12.8 Registro de Buceo Individual.....	15-15
15-13 LOGISTICA	15-15
15-14 CONTROL DE LA ATMOSFERA DE LA CAMARA Y CAMPANA	15-16
15-15 REQUERIMIENTOS DE SUMINISTRO DE GAS	15-16
15-15.1 Gas para UBA.....	15-17
15-15.2 Gas de Emergencia.....	15-17
15-15.3 Gases de Tratamiento	15-17
15-16 CONTROL AMBIENTAL	15-17
15-17 CONSIDERACIONES DE LA ZONA DE FUEGO	15-18

Cap/Párr		Página
15-18 HIGIENE.....		15-19
15-18.1 Higiene Personal.....		15-19
15-18.2 Prevención de Infecciones del Oído Externo		15-19
15-18.3 Limpieza de la Cámara.....		15-19
15-18.4 Manejo y Preparación de Alimentos		15-19
15-19 CONTROL DE LA CALIDAD DE LA ATMOSFERA.....		15-20
15-19.1 Contaminantes Gaseosos		15-20
15-19.2 Procedimientos de Examinación Inicial sin Personal		15-21
15-20 FASE DE COMPRESIÓN		15-21
15-20.1 Establecimiento de la Presión Parcial de Oxígeno en la Cámara.....		15-21
15-20.2 Compresión a la Profundidad de Vivienda		15-22
15-20.3 Precauciones Durante la Compresión.....		15-22
15-20.4 Procedimientos de Aborto Durante la Compresión		15-22
15-21 PROFUNDIDAD DE VIVIENDA.....		15-23
15-21.1 Ejemplos de tablas de Excursión.....		15-26
15-21.2 Procedimientos de Buceo con Campana		15-26
15-21.2.1 Procedimientos de Despliegue de la Campana		15-26
15-22 PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA EN EL SISTEMA DE BUCEO PROFUNDO (SBP).....		15-28
15-22.1 Pérdida del Control de la Atmósfera de la Cámara		15-28
15-22.1.1 Pérdida del Control del Oxígeno.....		15-28
15-22.1.2 Pérdida del Control del Bióxido de Carbono		15-28
15-22.1.3 Contaminación de la Atmósfera.....		15-28
15-22.1.4 Interpretación de los Análisis.....		15-28
15-22.1.5 Pérdida del Control de la Temperatura		15-29
15-22.2 Pérdida del Control de la Profundidad.....		15-29
15-22.3 Fuego en las Cámaras		15-29
15-22.4 Emergencias de la Campana		15-29
15-23 DESCOMPRESIÓN DE SATURACIÓN		15-30
15-23.1 Profundidad de Excursión Ascendente		15-30
15-23.2 Velocidad de Ascenso		15-30
15-23.3 Parada Posterior a la Excursión		15-30
15-23.4 Paradas de Descanso		15-30
15-23.5 Velocidades de la Descompresión de Saturación		15-30
15-23.6 Control de la Atmósfera en Profundidades Superficiales		15-31
15-23.7 Aborto de Misión de Buceo de Saturación		15-31
15-23.7.1 Casos de Emergencia		15-31

Cap/Párr		Página
15-23.7.2	Procedimiento de Aborto de Emergencia.....	15-32
15-23.8	Enfermedad de Descompresión (EDD).....	15-33
15-23.8.1	Enfermedad de Descompresión Tipo I	15-33
15-23.8.2	Enfermedad de Descompresión Tipo II	15-35
15-24	PROCEDIMIENTOS POSTERIORES AL BUCEO	15-35
16	PROCEDIMIENTOS PARA MEZCLADO DE GAS RESPIRABLE	16.1
16-1	INTRODUCCION	16-1
16-1.1	Objetivo.....	16-1
16-1.2	Alcance	16-1
16-2	PROCEDIMIENTOS DE MEZCLADO.....	16-1
16-2.1	Mezclado por Presión Parcial.....	16-1
16-2.2	Procedimiento de Mezclado por el Método del Gas Ideal.....	16-2
16-2.3	Ajuste del Porcentaje de Oxígeno	16-5
16-2.3.1	Incrementando el Porcentaje de Oxígeno	16-5
16-2.3.2	Reduciendo el Porcentaje de Oxígeno.....	16-6
16-2.4	Mezclado con Flujo Continuo	16-7
16-2.5	Mezclado por Volumen.....	16-7
16-2.6	Mezclado por Peso.....	16-7
16-3	ANALISIS DE GAS.....	16-8
16-3.1	Selección de Instrumentos	16-8
16-3.2	Técnicas para Análisis de los Constituyentes de un Gas	16-9

Página en blanco intencionalmente

Volumen 3 – Lista de Ilustraciones

Figura	Página
13-1 Búsqueda Entre Restos de un Avión en el Fondo del Océano	13-4
13-2 Vehículo Operado Remotamente (VOR) Deep Drone.....	13-6
13-3 Instrucción al Equipo de Buceo	13-9
13-4 UBA MK 21 MOD 1.....	13-10
13-5 FADS III con Sistema de Mezcla de Gases (FMGS).....	13-12
13-6 Consola de Control del FMGS.....	13-12
14-1 Reporte de Buceo	14-22
14-2 Reporte de Buceo con HeO ₂ Completado: Buceo con Descompresión en Superficie	14-23
14-3 Reporte de Buceo con HeO ₂ Completado: Buceo con Descompresión en el Agua.....	14-24
14-4 Reporte de Buceo con HeO ₂ Completado: Buceo con Descompresión en Superficie con detención en el Descenso y retraso en el Ascenso	14-25
15-1 Exterior de la Cápsula de Transferencia de Personal Típica	15-2
15-2 MK 21 MOD 0 con Traje de Agua Caliente, Calentador de Gas y Cilindro de Gas de emergencia	15-5
15-3 MK 22 MOD 0 con Traje de Agua Caliente, Calentador de Gas y Cilindro de Gas de emergencia	15-5
15-4 Instalaciones de Simulación Oceánica (OSF) de la NEDU	15-7
15-5 Complejo de Cámaras de Buceo de Saturación en las Instalaciones de Simulación Oceánica (OSF) de la NEDU	15-7
15-6 Cuarto de Control de las Instalaciones de Simulación Oceánica de la NEDU.....	15-8
15-7 Laboratorio de Investigación Médica Submarina Naval (NSMRL)	15-8
15-8 Posición Relativa de la Campana para Límites de Excursión	15-27
15-9 Diagrama de Flujo del Tratamiento de Enfermedades de Descompresión en Saturación	15-34
16-1 Mezclado por Cascada	16-3
16-2 Mezclado con Sistema de Transferencia de Gas	16-4

Página en blanco intencionalmente

Volumen 3 – Lista de Tablas

Tabla	Página
13-1 Promedio de Consumo de Gas Respirable	13-2
13-2 Características Operacionales del Equipo.....	13-3
13-3 Equipo de Buceo con Mezcla de Gases.....	13-5
13-4 Equipo de Buceo con Mezcla de Gases Suministrada Desde Superficie	13-8
14-1 Factores de Corrección del Profundímetro Neumático.....	14-3
14-2 Manejo de la Descompresión Omitida Asintomática	14-17
14-3 Tabla de Descompresión con HeO ₂ Suministrado Desde Superficie.....	14-26
15-1 Guías para Temperaturas Mínimas de HeO ₂ Inspirado para Saturación en Profundidades Entre 350 y 1500 pam	15-10
15-2 Estación de Guardia de Buceos de Saturación Típica	15-14
15-3 Tiempos Límite de Exposición de Oxígeno en la Cámara	15-16
15-4 Gases de Tratamiento	15-17
15-5 Límites para Contaminantes Gaseosos Seleccionados en Sistemas de Buceo de Saturación.....	15-20
15-6 Velocidad de Compresión en Buceo de Saturación	15-22
15-7 Límites de Excursión Descendente de Duración Ilimitada	15-24
15-8 Límites de Excursión Ascendente de Duración Ilimitada.....	15-25
15-9 Velocidades de Descompresión de Saturación	15-30
15-10 Tiempos de Descompresión y ppO ₂ en Abortos de Emergencia	15-32

Página en blanco intencionalmente

Teoría del Buceo con Mezcla de Gases

12-1 INTRODUCCION

- 12-1.1** **Objetivo.** Las leyes y conceptos fundamentales de la física subacuática presentados en el Capítulo 2 (Volumen 1) son la base para un apropiado entendimiento de las técnicas del buceo con mezcla de gases. En el buceo con mezcla de gases, los cálculos que requieren el uso de las diversas leyes de los gases son vitales para el buceo seguro. Un completo trabajo de conocimiento de la aplicación de las leyes de los gases es obligatorio para el buzo de mezcla de gases. Este capítulo revisa las leyes de los gases.
- 12-1.2** **Alcance.** Este capítulo discute la teoría y técnicas utilizadas en el buceo con mezcla de gases.

12-2 LEY DE BOYLE

La ley de Boyle establece que a temperatura constante, la presión absoluta y el volumen de gas son inversamente proporcionales. Cuando la presión se incrementa, el volumen del gas se reduce; cuando la presión se reduce, el volumen del gas se incrementa.

La formula para expresar la ley de Boyle es:

$$C = P \times V$$

Donde:

C es constante

P es presión absoluta

V es volumen

La ley de Boyle también puede ser expresada como:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Donde:

P_1 = presión inicial

V_1 = volumen inicial

P_2 = presión final

V_2 = volumen final

Cuando se trabaja con la ley de Boyle, la presión absoluta puede ser medida en atmósferas absolutas. Para calcular la presión absoluta usando atmósferas absolutas:

$$P_{\text{ata}} = \frac{\text{Prof. pam} + 33 \text{ pam}}{33 \text{ pam}} \quad \text{o} \quad P_{\text{ata}} = \frac{\text{psig} + 14.7 \text{ psi}}{14.7 \text{ psi}}$$

Problema Muestra 1. El promedio de requerimiento de flujo de gas de un buzo utilizando un UBA MK 21 MOD 1, haciendo trabajo moderado es 1.4 acfm (pies cúbicos por minuto reales) medido a la profundidad del buzo. Determine el requerimiento de gas, expresado en volumen por minuto en condiciones de superficie, para un buzo trabajando a 132 pam.

1. Arregle la fórmula de la ley de Boyle para encontrar el volumen inicial (V_1):

$$V_1 = \frac{P_2 V_2}{P_1}$$

2. Calcule la presión final (P_2):

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{132 \text{ pam} + 33 \text{ pam}}{33 \text{ pam}} \\ &= 5 \text{ ata} \end{aligned}$$

3. Sustituya los valores conocidos para encontrar el volumen inicial (V_1):

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{5 \text{ ata} \times 1.4 \text{ acfm}}{1 \text{ ata}} \\ &= 7.0 \text{ acfm} \end{aligned}$$

4. El requerimiento de gas para un buzo trabajando a 132 pam es 7.0 acfm.

Problema Muestra 2. Determine el requerimiento de gas, expresado en volumen por minuto en condiciones de superficie, para un buzo trabajando a 231 pam.

1. Arregle la fórmula de la ley de Boyle para encontrar el volumen inicial (V_1):

$$V_1 = \frac{P_2 V_2}{P_1}$$

2. Calcule la presión final (P_2):

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{231 \text{ pam} + 33 \text{ pam}}{33 \text{ pam}} \\ &= 8 \text{ ata} \end{aligned}$$

3. Sustituya los valores conocidos para encontrar el volumen inicial (V_1):

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{8 \text{ ata} \times 1.4 \text{ acfm}}{1 \text{ ata}} \\ &= 11.2 \text{ acfm} \end{aligned}$$

El requerimiento de gas para un buzo trabajando a 231 pam es 11.2 acfm en superficie.

Problema Muestra 3. Determine el requerimiento de gas, expresado en volumen por minuto en condiciones de superficie, para un buzo trabajando a 297 pam.

1. Arregle la fórmula de la ley de Boyle para encontrar el volumen inicial (V_1):

$$V_1 = \frac{P_2 V_2}{P_1}$$

- 2.** Calcule la presión final (P_2):

$$P_2 = \frac{297 \text{ pam} + 33 \text{ pam}}{33 \text{ pam}}$$

$$= 10 \text{ ata}$$

- 3.** Sustituya los valores conocidos para encontrar el volumen inicial (V_1):

$$V_1 = \frac{10 \text{ ata} \times 1.4 \text{ acfm}}{1 \text{ ata}}$$

$$= 14.0 \text{ acfm}$$

El requerimiento de gas para un buzo trabajando a 297 pam es 14.0 acfm en superficie.

Problema Muestra 4. Una campana de buceo abierta de 100 pies cúbicos de volumen interno va a ser utilizada para apoyar a un buzo a 198 pam. Determine la presión y el volumen equivalente en superficie total del gas helio-oxígeno que debe estar en la campana para equilibrar la presión del agua ambiente a profundidad.

- 1.** Calcule la presión final (P_2):

$$P_2 = \frac{198 \text{ pam} + 33 \text{ pam}}{33 \text{ pam}}$$

$$= 7 \text{ ata}$$

- 2.** Arregle la fórmula a resolver para el volumen inicial (V_1):

$$V_1 = \frac{P_2 V_2}{P_1}$$

- 3.** Sustituya los valores conocidos para encontrar el volumen inicial (V_1):

$$V_1 = \frac{7 \text{ ata} \times 100 \text{ p}^3}{1 \text{ ata}}$$

$$= 700 \text{ p}^3$$

Debe haber 700 pies cúbicos de gas helio-oxígeno en la campana para equilibrar la presión del agua a profundidad.

Problema Muestra 5. La campana abierta descrita en el Problema Muestra 4 es bajada a 297 pam después de la presurización a 198 pam y no se añadió más gas. Determine el volumen de gas en la campana a 297 pam.

- 1.** Calcule la presión final (P_2):

$$P_2 = \frac{297 \text{ pam} + 33 \text{ pam}}{33 \text{ pam}}$$

$$= 10 \text{ ata}$$

- 2.** Arregle la fórmula a resolver para el volumen final (V_2):

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

- 3.** Sustituya los valores conocidos para encontrar el volumen final (V_2):

$$V_2 = \frac{7 \text{ ata} \times 100 \text{ p}^3}{10 \text{ ata}}$$

$$= 70 \text{ p}^3$$

El volumen de gas en la campana a 297 pam es 70 pies cúbicos.

12-3 LEY DE CHARLES/GAY LUSSAC

Las leyes de Charles y Gay Lussac establecen que a presión constante, el volumen de un gas es directamente proporcional al cambio en la temperatura absoluta. Si la presión se mantiene constante y la temperatura absoluta es duplicada, el volumen se duplicará. Si la temperatura disminuye, el volumen disminuye. Si el volumen en lugar de la presión se mantiene constante (p.e., calentando gas en un recipiente rígido), entonces la presión absoluta cambiará en proporción a la temperatura absoluta.

La fórmula para expresar la ley de Charles/Gay Lussac cuando la presión es constante es:

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$$

Donde:

V_1 = volumen inicial

V_2 = volumen final

T_1 = Temperatura absoluta inicial

T_2 = temperatura absoluta final

La formula para expresar la ley de Charles/Gay Lussac cuando el volumen es constante es:

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1}$$

Donde:

P_1 = presión absoluta inicial

P_2 = presión absoluta final

T_1 = temperatura absoluta inicial

T_2 = temperatura absoluta final

Problema muestra 1. El gas de suministro de a bordo de una campana es cargado en cubierta a 3,000 psig a una temperatura ambiente de 32°C. La campana es desplegada a una profundidad de 850 pam donde la temperatura del agua es 7°C. Determine la presión en el gas de suministro a la nueva temperatura. Note que en este ejemplo el volumen es constante; solamente la presión y la temperatura cambian.

1. Transporte la formula de la ley de Charles /Gay Lussac para resolver por la presión final:

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1}$$

2. Convierta las temperaturas Celsius a valores de temperatura absoluta (Kelvin):

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

$$T_1 = 32^{\circ}\text{C} + 273 = 305^{\circ}\text{K}$$

$$T_2 = 7^{\circ}\text{C} + 273 = 280^{\circ}\text{K}$$

3. Convierta la presión inicial a presión absoluta:

$$P_1 = \frac{3,000 \text{ psig} + 14.7 \text{ psi}}{14.7 \text{ psi}}$$

$$= 205 \text{ ata}$$

4. Sustituya los valores conocidos para encontrar la presión final:

$$P_2 = \frac{205 \text{ ata} \times 280^{\circ}\text{K}}{305^{\circ}\text{K}}$$

$$= 188.19 \text{ ata}$$

5. Convierta la presión final a presión manométrica:

$$P_2 = (188.19 \text{ ata} - 1 \text{ ata}) \times (14.7 \text{ psi})$$

$$= 2,751.79 \text{ psig}$$

La presión en el gas de suministro a la nueva temperatura es 2,751 psig.

Problema Muestra 2. Un hábitat es desplegado a una profundidad de 627 pam en la cual la temperatura del agua es 40°F. Es presurizado desde la superficie a la presión del fondo, y debido al calor de la compresión, la temperatura interna se eleva a 110°F. La compuerta de entrada es abierta a profundidad y los buzos inician su trabajo de rutina. Durante las próximas pocas horas, la atmósfera del hábitat se enfriá a la temperatura del agua del mar de alrededor debido a un mal funcionamiento del sistema de calefacción interno. Determine el porcentaje del volumen interno que podría ser inundado por el agua de mar asumiendo que no se añadió gas adicional al hábitat. Note que en este ejemplo la presión es constante; solamente el volumen y la temperatura cambian.

- 1.** Convierta las temperaturas Fahrenheit a valores de temperatura absoluta (Rankine):

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$$

$$\text{T}_1 = 110^{\circ}\text{F} + 460$$

$$= 570^{\circ}\text{R}$$

$$\text{T}_2 = 40^{\circ}\text{F} + 460$$

$$= 500^{\circ}\text{R}$$

- 2.** Sustituya los valores conocidos para resolver por el volumen final:

$$\text{V}_2 = \frac{\text{V}_1 \text{T}_2}{\text{T}_1}$$

$$= \text{V}_1 \times \frac{500^{\circ}\text{R}}{570^{\circ}\text{R}}$$

$$= 0.88 \text{ V}_1$$

- 3.** Cambie los valores por un porcentaje:

$$\text{V}_2 = (0.88 \times 100\%) \text{ V}_1$$

$$= 88\% \text{ V}_1$$

- 4.** Calcule el volumen inundado:

$$\text{Volumen inundado} = 100\% - 88\%$$

$$= 12\%$$

Problema Muestra 3. Un cilindro de 6 pies cúbicos es cargado a 3,000 psig y la temperatura en el cuarto de cilindros es 72°F. Un fuego en un espacio adjunto causa que la temperatura en el cuarto de cilindros alcance 170°F. ¿Qué le pasará a la presión en el cilindro?

- 1.** Convierta la unidad de presión manométrica a unidad de presión absoluta:

$$\text{P}_1 = 3,000 \text{ psig} + 14.7$$

$$= 3,014.7 \text{ psia}$$

- 2.** Convierta las temperaturas Fahrenheit a temperaturas absolutas (Rankine):

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$$

$$\text{T}_1 = 72^{\circ}\text{F} + 460$$

$$= 532^{\circ}\text{R}$$

$$\text{T}_2 = 170^{\circ}\text{F} + 460$$

$$= 630^{\circ}\text{R}$$

- 3.** Transporte la formula de Charles/Gay Lussac para resolver por la presión final (P_2):

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1}$$

- 4.** Sustituya los valores conocidos para resolver por la presión final (P_2):

$$P_2 = \frac{3,014.7 \text{ psia} \times 630^\circ\text{R}}{532^\circ\text{R}}$$

$$= \frac{1,899,261}{532^\circ\text{R}}$$

$$= 3,570.03 \text{ psia}$$

La presión en el cilindro se incrementó desde 3,000 psig a 3,570.03 psia. Note que la presión se incrementó aunque el volumen del cilindro y el volumen del gas permanecieron igual.

12-4 LEY GENERAL DE LOS GASES

La ley general de los gases es una combinación de la ley de Boyle, la ley de Charles, y la ley de Gay Lussac, y es utilizada para predecir el comportamiento de una cantidad dada de gas cuando la presión, el volumen o la temperatura cambian.

La formula para expresar la ley general de los gases es:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Donde:

P_1 = presión absoluta inicial

V_1 = volumen inicial

T_1 = temperatura absoluta inicial

P_2 = presión absoluta final

V_2 = volumen final

T_2 = temperatura absoluta final

Los siguientes puntos deben ser notados cuando se utiliza la ley general de los gases:

- Puede haber solo un valor desconocido.
- Si es conocido que un valor permanece sin cambio (tal como el volumen de un tanque) o que el cambio en una de las variables será de poca consecuencia, cancele el valor en ambos lados de la ecuación para simplificar los cálculos.

Problema Muestra 1. Un banco de cilindros teniendo un volumen interno de 20 pies cúbicos será cargado con helio y oxígeno a una presión final de 2,200 psig, para proporcionar mezcla de gas para un buceo. Los cilindros son rápidamente cargados desde un gran

suministro premezclado, y la temperatura del gas en los cilindros se eleva a 160°F por el tiempo en que la presión final es alcanzada. La temperatura en el compartimiento del banco de cilindros es 75°F. Determine la presión final del cilindro cuando el gas se ha enfriado.

1. Simplifique la ecuación eliminando las variables que no cambiarán. El volumen del tanque no cambia, tanto V_1 y V_2 pueden ser eliminadas de la fórmula de este problema:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

2. Multiplique cada lado de la ecuación por T_2 , entonces arregle la ecuación para resolver por la presión final (P_2):

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1}$$

3. Calcule la presión inicial convirtiendo la unidad de presión manométrica en la unidad de presión atmosférica:

$$\begin{aligned} P_1 &= 2,200 \text{ psig} + 14.7 \text{ psi} \\ &= 2,214.7 \text{ psia} \end{aligned}$$

4. Convierta las temperaturas Fahrenheit a valores de temperatura absoluta (Rankine):

$$\begin{aligned} {}^{\circ}\text{R} &= {}^{\circ}\text{F} + 460 \\ T_1 &= 160{}^{\circ}\text{F} + 460 \\ &= 620{}^{\circ}\text{R} \\ T_2 &= 75{}^{\circ}\text{F} + 460 \\ &= 535{}^{\circ}\text{R} \end{aligned}$$

5. Llene los valores conocidos para encontrar la presión final (P_2):

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{2,214.7 \text{ psia} \times 535{}^{\circ}\text{R}}{620{}^{\circ}\text{R}} \\ &= 1,911.07 \text{ psia} \end{aligned}$$

6. Convierta la presión final (P_2) en presión manométrica:

$$\begin{aligned} P_2 &= 1,911.07 - 14.7 \\ &= 1896.3 \text{ psig} \end{aligned}$$

La presión cuando el cilindro se enfrié será 1896.3 psig.

Problema Muestra 2. Utilizando el mismo escenario como en el Problema Muestra 1, determine el volumen de gas a temperatura y presión estándar (TPE (STP) = 70°F @ 14.7 psia) resultado del cargado rápido.

- 1.** Arregle la fórmula para resolver por el volumen final (V_2):

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1}$$

- 2.** Convierta las temperaturas Fahrenheit a valores de temperatura absoluta (Rankine):

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460$$

$$T_1 = 160^{\circ}\text{F} + 460$$

$$= 620^{\circ}\text{R}$$

$$T_2 = 70^{\circ}\text{F} + 460$$

$$= 530^{\circ}\text{R}$$

- 3.** Llene los valores conocidos para encontrar el volumen final (V_2):

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{2,214.7 \text{ psia} \times 20 \text{ p}^3 \times 530^{\circ}\text{R}}{14.7 \text{ psia} \times 620^{\circ}\text{R}} \\ &= 2,575.79 \text{ p}^3 \text{ TPE} \end{aligned}$$

Problema Muestra 3. Determine el volumen del gas a TPE resultado del cargado lento (manteniendo 70°F de temperatura a 2,200 psig).

- 1.** Arregle la formula para resolver por el volumen final (V_2):

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1}$$

- 2.** Convierta las temperaturas Fahrenheit a valores de temperatura absoluta (Rankine):

$$T_1 = 75^{\circ}\text{F} + 460$$

$$= 535^{\circ}\text{R}$$

$$T_2 = 70^{\circ}\text{F} + 460$$

$$= 530^{\circ}\text{R}$$

- 3.** Sustituya los valores conocidos para encontrar el volumen final (V_2):

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{2,214.7 \text{ psia} \times 20 \text{ p}^3 \times 530^{\circ}\text{R}}{14.7 \text{ psia} \times 535^{\circ}\text{R}} \\ &= 2,985.03 \text{ p}^3 \text{ TPE} \end{aligned}$$

Problema muestra 4. Una bolsa de salvamento de 100 pies cúbicos será utilizada para levantar un torpedo de 3,200 libras, desde el lecho marino a una profundidad de 231 pam. Un compresor de aire con una succión de 120 p³/min a 60°F y una temperatura de descarga de 140°F será usado para inflar la bolsa. La temperatura del agua a profundidad

es 55°F. Para calcular la cantidad de tiempo requerido antes de que el torpedo empiece a subir (omitiendo el desplazamiento del torpedo, las fuerzas de rompimiento, la eficiencia del compresor y el peso de la bolsa de salvamento), el desplazamiento requerido de la bolsa para levantar el torpedo es calculado como sigue:

1. Calcule el volumen final (V_2):

$$V_2 = \frac{3,200 \text{ lbs}}{64 \text{ lb} / \text{p}^3}$$

$$= 50 \text{ p}^3$$

2. Calcule la presión final (P_2):

$$P_2 = \frac{231 \text{ pam} + 33 \text{ pam}}{33 \text{ pam}}$$

$$= 8 \text{ ata}$$

3. Convierta las temperaturas Fahrenheit a valores de temperatura absoluta (Rankine):

$$\begin{aligned} ^\circ R &= ^\circ F + 460 \\ T_1 &= 60^\circ F + 460 \\ &= 520^\circ R \\ T_2 &= 55^\circ F + 460 \\ &= 515^\circ R \end{aligned}$$

4. Arregle la fórmula para resolver por el volumen inicial (V_1):

$$V_1 = \frac{P_2 \times V_2 \times T_1}{P_1 \times T_2}$$

5. Sustituya los valores conocidos para encontrar el volumen inicial (V_1):

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{8 \text{ ata} \times 50 \text{ p}^3 \times 520^\circ R}{1 \text{ ata} \times 515^\circ R} \\ &= 403.8 \text{ p}^3 \end{aligned}$$

6. Calcule el tiempo

$$\begin{aligned} \text{Tiempo} &= \frac{\text{Volumen Requerido}}{\text{Desplazamiento del Compresor}} \\ &= \frac{403.8 \text{ p}^3}{120 \text{ p}^3/\text{min}} \\ &= :03::22 \end{aligned}$$

(Note que 140°F, la temperatura de descarga del compresor, es una temperatura intermedia y no entra dentro del problema.)

12.5 LEY DE DALTON

La ley de Dalton establece que la presión total ejercida por una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones de los diferentes gases que componen la mezcla, que cada gas actúa como si él solo ocupara el volumen total. La presión contribuida por cualquier gas en la mezcla es proporcional al número de moléculas de este gas en el volumen total. La presión de este gas es llamada presión parcial (pp), significando que es parte del todo.

La formula para expresar la ley de Dalton es:

$$P_{\text{Total}} = p_{pA} + p_{pB} + p_{pC} + \dots$$

Donde: A, B y C son gases y

$$p_{pA} = \frac{P_{\text{Total}} \times \% \text{ Vol}_A}{100\%}$$

Problema Muestra 1. Una mezcla de helio-oxígeno será preparada, la cual proporcionará una presión parcial de oxígeno de 1.2 ata a una profundidad de 231 pam. Calcule el porcentaje de oxígeno en la mezcla.

1. Convierta la profundidad a presión en atmósferas absolutas:

$$\begin{aligned} P_{\text{Total}} &= \frac{231 \text{ pam} + 33 \text{ pam}}{33 \text{ pam}} \\ &= 8 \text{ ata} \end{aligned}$$

2. Calcule el porcentaje de oxígeno en la mezcla.

Ya que:

$$p_{pA} = P_{\text{Total}} \times \frac{\% \text{ Vol}_A}{100\%}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} \% \text{ Vol}_A &= \frac{p_{pA}}{P_{\text{Total}}} \times 100\% \\ &= \frac{1.2 \text{ ata}}{8 \text{ ata}} \times 100\% \\ &= 15\% \text{ Oxígeno} \end{aligned}$$

El porcentaje de oxígeno de la mezcla es 15 por ciento.

Problema Muestra 2. Un buceo con tiempo de fondo de 30 minutos será realizado a 264 pam. La presión parcial de oxígeno máxima segura para un buceo nunca debe exceder 1.3 ata mientras se está en el fondo. Están disponibles dos suministros de HeO₂ premezclados: 84/16 por ciento y 84/14 por ciento. ¿Cuál de estas mezclas es segura para el buceo que se intenta?

- 1.** Convierta la profundidad a presión en atmósferas absolutas:

$$P_{\text{Total}} = \frac{264 \text{ pam} + 33 \text{ pam}}{33 \text{ pam}}$$

$$= 9 \text{ ata}$$

- 2.** Calcule el porcentaje de O₂ máximo permisible:

$$\% \text{Vol}_A = \frac{\text{pp}_A}{P_{\text{Total}}} \times 100\%$$

$$= \frac{1.3 \text{ ata}}{9 \text{ ata}} \times 100\%$$

$$= 14.4\% \text{ oxígeno}$$

Resultado: la mezcla con 14% O₂ es segura para usar; la mezcla con 16% de O₂ es insegura.

$$\text{La pp de la mezcla 14\%} = 9 \text{ ata} \times \frac{14\%}{100\%}$$

$$= 1.26 \text{ ata O}_2$$

1.26 ata de O₂ es menor que el máximo permisible.

$$\text{La pp de la mezcla 16\%} = 9 \text{ ata} \times \frac{16\%}{100\%}$$

$$= 1.44 \text{ ata O}_2$$

El uso de esta mezcla resultará en gran riesgo de toxicidad por oxígeno.

Problema Muestra 3. Los cilindros de gas de a bordo de una campana serán cargados con una mezcla de HeO₂. La mezcla debe proporcionar una ppO₂ de 0.9 ata a los buzos utilizando un casco MK 21 MOD 0, a una profundidad de saturación de 660 pam. Determine el porcentaje de oxígeno en el gas cargado, entonces calcule la presión parcial de oxígeno del gas respirable si los buzos hacen una excursión desde la profundidad de saturación a 726 pam.

- 1.** Convierta la profundidad a presión en atmósferas absolutas:

$$P_{\text{Total}} = \frac{660 \text{ pam} + 33 \text{ pam}}{33 \text{ pam}}$$

$$= 21 \text{ ata}$$

- 2.** Calcule el contenido de O₂ de la mezcla cargada:

$$\% \text{ Vol O}_2 = \frac{0.9 \text{ ata}}{21 \text{ ata}} \times 100\%$$

$$= 4.3\% \text{ O}_2$$

3. Convierta la profundidad de excursión a presión en atmósferas absolutas:

$$P_{\text{Total}} = \frac{726 \text{ pam} + 33 \text{ pam}}{33 \text{ pam}}$$

$$= 23 \text{ ata}$$

4. Calcule la presión parcial de O_2 a la profundidad de excursión:

$$\text{ppO}_2 = 23 \text{ ata} \times \frac{4.3\% \text{ O}_2}{100\%}$$

$$= 0.99 \text{ ata}$$

12-6 LEY DE HENRY

La ley de Henry establece que la cantidad de gas que se disolverá en un líquido a una temperatura dada es casi directamente proporcional a la presión parcial de este gas. Si una unidad de gas es disuelta a una atmósfera de presión parcial, entonces dos unidades serán disueltas a dos atmósferas, y así sucesivamente.

Página en blanco intencionalmente

Planeación Operacional con Mezcla de Gases

13-1 INTRODUCCION

- 13-1.1** **Objetivo.** Este capítulo discute la planeación asociada con las operaciones de buceo con mezcla de gases. La mayoría de las previsiones del [Capítulo 6](#), Planeación Operacional y Manejo de Riesgo, también aplica para las operaciones con mezcla de gases y debe ser revisado para la planeación. En la planeación de cualquier operación con mezcla de gases, deben seguirse los principios y técnicas presentadas en este capítulo
- 13-1.2** **Alcance.** Este capítulo señala un proceso de planeación comprensivo que puede ser utilizado todo o en parte para planear y ejecutar efectivamente operaciones de buceo en apoyo de operaciones militares.
- 13-1.3** **Fuentes de Información Adicionales.** Este capítulo no es la única fuente de información disponible para el equipo de buceo cuando se planean operaciones de buceo con mezcla de gases. Los manuales de operación y mantenimiento para el equipo de buceo, los reportes de inteligencia, y los estudios oceanográficos, contienen valiosa información para la planeación. La naturaleza de la operación dictará los procedimientos a ser empleados y la planeación y preparación requeridos para cada uno. Mientras es improbable que aún la mejor operación planeada pueda siempre anticipar todas las posibles contingencias, la atención a los detalles en la planeación minimizará las complicaciones que puedan amenazar el éxito de una misión.
- 13-1.4** **Complejidad del Buceo con Mezcla de Gases.** Las operaciones de buceo con mezcla de gases son complejas, requiriendo constante apoyo y coordinación estrecha entre todo el personal. Debido a lo extenso de las obligaciones de descompresión, el buceo con mezcla de gases puede ser peligroso si no es planeado y ejecutado apropiadamente. Problemas aparentemente menores pueden rápidamente escalar a situaciones de emergencia, dejando tiempo limitado para investigar protocolos de buceo u órdenes operacionales para resolver la situación. Cada miembro del equipo de buceo debe estar calificado sobre su puesto y ser completamente competente en la ejecución de las operaciones aplicables y los procedimientos de emergencia. La seguridad es importante en cualquier operación de buceo y debe hacerse una parte integral de toda planeación de operaciones.
- 13-1.5** **Consideraciones Médicas.** El Oficial de Buceo, el Jefe de Buceo y el Supervisor de Buceo deben planear la operación para salvaguardar el bienestar físico y mental de cada buzo. Todos los miembros del equipo deben entender completamente los aspectos médicos del buceo con mezcla de gases, con oxígeno y de saturación. Una valiosa fuente de dirección en la planeación de operaciones es el Oficial Medico de Buceo (OMB), un medico entrenado específicamente en medicina y fisiología de buceo.

El buceo con mezcla de gases trae consigo riesgos adicionales y requerimientos de procedimiento para el buzo y el equipo de apoyo. En la superficie, respirar un medio diferente al aire causa cambios fisiológicos en el cuerpo. Cuando un buzo respira un medio inusual bajo presión incrementada, pueden ocurrir alteraciones adicionales en el funcionamiento de la mente y cuerpo. Cada buzo debe estar alerta de los cambios que pueden ocurrir y de qué manera pueden afectar su desempeño y seguridad. Los procedimientos del buceo con mezcla de gases que minimizan los efectos de estos cambios son descritos en este y los siguientes capítulos. Cada buzo de mezcla de gases debe estar completamente familiarizado con estos procedimientos.

Los problemas médicos típicos en el buceo con mezcla de gases y con oxígeno incluyen enfermedad de descompresión, toxicidad por oxígeno, estrés térmico y retención de bióxido de carbono. El buceo de saturación profundo presenta asuntos adicionales, incluyendo el síndrome nervioso de alta presión (SNAP), disnea, artralgia por compresión, infecciones de piel y disminución del desempeño. Estos factores afectan directamente la seguridad del buzo y el resultado de la misión, y deben ser dirigidos durante las etapas de planeación de una operación. La información específica concerniente a los problemas médicos particulares de los diversos modos del buceo con mezcla de gases está contenida en el [Volumen 5](#).

13-2 ESTABLECIMIENTO DE TAREAS OPERACIONALES

Preparando un resumen básico y la programación de eventos para la operación completa, asegura que todas las fases serán apropiadamente coordinadas. Este capítulo da las guías específicas que deben ser consideradas cuando se analizan las tareas operacionales. El buceo con mezcla de gases requiere consideraciones adicionales en las áreas de requerimientos de gas, descompresión y apoyo médico.

El buceo con mezcla de gases requiere un suministro predeterminado de gases respirables y material absorbente de bióxido de carbono. Las operaciones deben ser planeadas completamente para determinar el requerimiento de utilización en orden de obtener efectivamente los suministros requeridos en puerto o la mar antes de iniciar la misión. Vea el [párrafo 13-3.10](#) y la [Tabla 13-1](#) por los requerimientos de material/gas específicos. Los requerimientos logísticos pueden incluir la planeación para reabastecimiento de mezcla de gases y otros suministros en el sitio y para relevar el equipo de buceo desde unidades de la Flota. Consulte los procedimientos de operación de unidad permanente por la guía de reabastecimiento y procuramiento de personal (refiérase a OPNAVINST serie 3120.32).

Tabla 13-1. Promedio de Consumo de Gas Respirable.

Equipo de Buceo	Consumo de Gas (Normal)	Consumo de Gas (Trabajo pesado)
UBA MK 21 MOD 1	1.4 acfm (demanda)	6.0 acfm (flujo libre)
UBA EXO BR MS KM-37		

13-3 SELECCION DEL METODO Y EQUIPO DE BUCEO

La selección del método de buceo apropiado es esencial para cualquier planeación de operación de buceo. El método dictará muchos aspectos de una operación incluyendo personal y equipo.

13-3.1

Métodos de Buceo con Mezcla de Gases. Los métodos de buceo con mezcla de gases están definidos por el tipo de equipo de buceo que será utilizado. Los tres tipos de equipo de buceo con mezcla de gases son:

- Equipo con suministro desde superficie (MK 21 MOD 1, EXO BR MS,KM-37)
- UBAs de circuito semicerrado y circuito cerrado
- Sistemas de buceo de saturación profundo

Para buceos profundos (190-300 pam) de corta duración, o para buceos poco profundos donde la narcosis nitrogénica reduce la agudeza mental y la destreza física, deben ser empleados métodos de buceo con helio-oxígeno.

Debido a los peligros inusuales incurridos por las largas exposiciones a las condiciones ambientales extremas, las excursiones extensas lejos del apoyo de superficie, y las grandes obligaciones de descompresión, los buceos con circuito semicerrado y cerrado solo deben ser emprendidos por buzos especialmente entrenados. Las operaciones de buceo con circuito semicerrado y cerrado están cubiertas en el [Volumen 4](#).

El buceo de saturación es el método preferido para buceos más profundos que 300 pam o para buceos poco profundos donde son requeridos extensos tiempos en el agua. Las desventajas del buceo de saturación incluyen el requerimiento de apoyo logístico extenso y la incapacidad del barco de apoyo para cambiar de posición fácilmente una vez que se ha anclado. Por esta razón, es muy importante que el barco sea anclado lo más cerca sobre el sitio de trabajo como sea posible. Utilizando sonar de búsqueda lateral, vehículos operados remotamente (VORs) o sistemas de navegación de precisión ayudarán grandemente en la conclusión exitosa de la operación. El buceo de saturación se discute en el [Capítulo 15](#).

13-3.2

Consideraciones de los Métodos. En el buceo con mezcla de gases, los factores principales que influencian la elección de un método en particular son:

- Profundidad y duración planeada del buceo
- Disponibilidad de equipo
- Cantidades de mezclas de gases disponibles
- Calificaciones y número de personal disponible
- Tipo de trabajo y grado de movilidad requerida
- Consideraciones ambientales tales como temperatura, visibilidad, tipo de fondo, corriente y niveles de contaminación
- Requerimientos de comunicación
- Necesidad de procedimientos de operación especiales

13-3.3

Profundidad. Las limitaciones de profundidad de los equipos están contenidas en la [Tabla 13-2](#). Las limitaciones están basadas sobre un número de factores interrelacionados, tales como obligaciones de descompresión, duración del suministro de gas y del material absorbente de dióxido de carbono, tolerancia al oxígeno y la posibilidad de narcosis nitrogénica cuando se utiliza gas de emergencia (aire). Los buzos deben estar preparados para trabajar a bajas temperaturas y por largos periodos de tiempo.

Tabla 13-2. Características Operacionales del Equipo.

Equipo de Buceo	Límite de Trabajo Normal (pam)	Límite de Trabajo Máximo (pam)	Requerimiento de Cámara	Personal Mínimo
UBA MK 21 MOD 1 UBA EXO BR MS KM-37	300 (HeO ₂) (Nota 1)	380 (HeO ₂) (Nota 1)	En la estación (Nota 2)	12

Notas:

1. Los límites de profundidad están basados sobre consideraciones de tiempo de trabajo, obligación de descompresión, tolerancia al oxígeno y narcosis nitrogénica.
2. Una cámara en la estación es definida como una cámara certificada y lista en el sitio del buceo.

Operaciones más profundas que 300 pam normalmente requieren Sistemas de Buceo Profundo (SBPs). La obligación de descompresión sobre el buzo es tan larga que la descompresión en el agua no es práctica. Utilizando una cápsula de transferencia de personal (PTC) para transportar a los buzos a una cámara de descompresión en cubierta (DDC) incrementa el margen de seguridad del buzo y la flexibilidad del barco de soporte.

13-3.4

Requerimientos de Tiempo de Fondo. La naturaleza de la operación puede influenciar los requerimientos del tiempo de fondo del buzo. Una búsqueda submarina puede ser emprendida mejor, utilizando múltiples buzos con cortos tiempos de fondo o conduciendo un solo buceo de rebote, simplemente para identificar un objeto sumergido. Otras tareas, tales como trabajo de construcción subacuática, pueden requerir numerosos buceos con largos tiempos de fondo, requiriendo técnicas de buceo con suministro desde superficie o saturación. Aunque en un principio se intentó para soportar operaciones de buceo profundas, los sistemas de buceo de saturación pueden ser ideales para apoyar misiones tan poco profundas como a 150 pam, donde la naturaleza del trabajo es mejor realizada utilizando varios buceos con tiempos de fondo extensos. Bajo estas condiciones, se ahorra tiempo eliminando las obligaciones de descompresión en el agua por cada buzo y reduciendo el número de cambios del equipo de buceo, compensando así el incremento de la complejidad logística que atañe a tales operaciones.



Figura 13-1. Búsqueda Entre Restos de un Avión en el Fondo del Océano.

13-3.5

Medio Ambiente. Las condiciones del medio ambiente juegan un papel importante en la planeación de las operaciones de buceo con mezcla de gases. Los factores ambientales, como aquellos mencionados en el Capítulo 6, deben considerarse cuando se planean tales operaciones. Las operaciones de buceo con mezcla de gases frecuentemente involucran buceos prolongados, requiriendo larga descompresión y traslados que llevan al buzo a grandes distancias desde un refugio seguro. Por lo tanto debe darse especial atención a prevenir la hipotermia del buzo. Los aparatos de buceo con mezcla de gases están diseñados para minimizar el estrés térmico, pero los largos y muy profundos buceos con helio-oxígeno ponen al buzo en gran estrés. La exposición a las condiciones en superficie extremas antes

del buceo puede dejar al buzo en un estado térmicamente comprometido. Un buzo que ha estado expuesto a condiciones ambientales adversas no debe ser considerado para buceo con mezcla de gases hasta que tome lugar un completo recalentamiento del buzo, demostrado por sudoración, pulso normal y retorno de la temperatura central normal. El confort térmico subjetivo no indica precisamente adecuado recalentamiento.

13-3.6

Movilidad. Algunas operaciones de buceo pueden dictar el uso de un método de buceo que es seleccionado como resultado de requerimientos especiales de movilidad, además de la profundidad, tiempo de fondo y requerimientos logísticos. El MK 21 MOD 1/KM-37 es el método preferido cuando las operaciones requieren movilidad en la columna de agua (ver [Figura 13-1](#)).

Para misiones donde la movilidad es un elemento operacional esencial y son grandes los requerimientos de profundidad y tiempo de fondo, el buceo con circuito cerrado puede ser la única opción disponible. Tal buceo es frecuentemente requerido por personal de combate especial y/o de disposición de material explosivo (EOD).

13-3.7

Selección del Equipo. El equipo y suministros para las operaciones de buceo con mezcla de gases disponibles para el personal de la Marina de E.U. han sido probados bajo condiciones exigentes, para asegurar que se desempeñaran de acuerdo a las especificaciones de diseño bajo las condiciones más difíciles que puedan ser encontradas. Varios tipos de equipo están disponibles para las operaciones con mezcla de gases. La selección del equipo está basada sobre el método de buceo escogido, profundidad del buceo y la operación ha ser desempeñada. La [Tabla 13-3](#) señala las diferencias entre las configuraciones de equipo.

Tabla 13-3. Equipo de Buceo con Mezcla de Gases.

Tipo	Aplicaciones Principales	Personal Mínimo	Ventajas	Desventajas	Restricciones y Límites de Prof.
MK 21 MOD 1 EXO BR MS KM-37 (Notas 1 y 2)	Búsqueda profunda, inspección y reparación.	12 (Nota 2)	Movilidad horizontal. Comunicación por voz.	Requiere embarcación de apoyo. Alto consumo de gas.	Normal 300 pam. Máximo: 380 pam con autorización de CNO

Notas:

1. Suministro desde superficie para mar profundo
2. El personal mínimo consiste de personal de apoyo en superficie y un buzo en el agua

13-3.8

Características Operacionales. Las características operacionales del equipo son revisadas en la [Tabla 13-2](#) y la información de equipo específica puede ser encontrada en el [párrafo 13-8](#).

Todo el equipo de buceo debe estar certificado o autorizado para uso de la Marina. El equipo autorizado está listado en la lista Uso Autorizado para la Marina (ANU) NAVSEA/00C. Para la apropiada operación y mantenimiento del equipo de buceo de la Marina de E.U. aprobado, refiérase al manual de operación y mantenimiento del equipo apropiado.

13-3.9

Equipo de Apoyo y VORs (ROVs). Además del UBA, el equipo de apoyo no debe ser pasado por alto. Los artículos comúnmente utilizados incluyen herramientas, luces submarinas, fuentes de poder y sistemas de comunicación. La Lista Coordinada de Pensión Abordo (COSAL) para la plataforma de buceo es una fuente segura de equipo de apoyo. También pueden estar disponibles fuentes comerciales.

Ocasionalmente, una misión es mejor emprendida con la ayuda de un vehículo operado remotamente (VOR). Los VORs ofrecen gran capacidad de profundidad con menor riesgo para el personal, pero a expensas de la movilidad, maniobrabilidad y versatilidad que solamente las operaciones tripuladas pueden incorporar.

- 13-3.9.1 **Tipos de VORs.** Hay dos tipos de VORs, con umbilical y sin umbilical. Los VORs con umbilical reciben energía, señales de control y datos a través del umbilical. Los VORs sin umbilical pueden viajar tres a cinco veces más rápido que los VORs con umbilical, pero debido a que su fuente de energía debe estar contenida en el vehículo, su duración es limitada. Los VORs utilizados en apoyo a operaciones de buceo deben tener instalado un sistema de interruptor de falla a tierra (GFI) para protección de los buzos.

- 13-3.9.2 **Capacidades del VOR.** Actualmente, muchos de los requerimientos de observación de buceo de la Flota han sido realizados utilizando VORs. Han sido usados para búsqueda y salvamento desde 1966. Los VORs más sofisticados combinan la búsqueda de rango corto, inspección y capacidades de recuperación en un solo sistema. Un sistema típico de VOR incluye una consola de control y pantalla, una fuente de poder, un sistema de lanzamiento y recuperación, y el vehículo mismo. Los sistemas con umbilical están conectados al apoyo en superficie con el umbilical que suministra energía, señales de control y datos. Los sistemas de búsqueda sin umbilical que incrementarán grandemente los rangos de búsqueda corrientes con promedios de duración extendida de 24 horas o más están actualmente bajo desarrollo. La [Figura 13-2](#) muestra un VOR de NAVSEA típico.



Figura 13-2. Vehículo Operado Remotamente (VOR) Deep Drone.

- 13-3.10 **Requerimientos de Gas de Respiración del Buzo.** En un buceo con aire, la mezcla de respiración está fácilmente disponible, aunque las capacidades de las bombas y compresores y la disponibilidad de sistemas de respaldo pueden imponer limitaciones operacionales. El requerimiento primario para el buceo con mezcla de gases es que haya las cantidades adecuadas de los gases apropiados a la mano, tanto como una reserva sustancial,

para todas las fases de la operación. La determinación inicial llega a ser crítica si el punto más cercano de reabastecimiento es removido lejos del sitio de operación.

13-3.10.1 **Promedio de Consumo de Gas.** El promedio de consumo de gas y la duración del absorbente de bióxido de carbono para los varios tipos de aparatos de respiración subacuáticos (UBAs) está mostrado en la [Tabla 13-1](#). Refiérase al [Capítulo 4](#) para los estándares de pureza requeridos.

13-3.10.2 **Requerimientos del Buceo con Suministro Desde Superficie.** Para el buceo con suministro desde superficie, el sistema de suministro de gas del buzo está diseñado para que tanto helio-oxígeno, oxígeno o aire puedan ser suministrados a los buzos como sea requerido. Todos los sistemas de buceo con mezcla de gases suministrada desde superficie requieren una fuente primaria y secundaria de medio respirable, consistentes de helio-oxígeno y oxígeno en bancos de cilindros y un suministro de emergencia de aire desde compresores o bancos de alta presión. Cada sistema debe ser capaz de soportar el flujo de gas y los requerimientos de presión del equipo específico. La capacidad de gas del sistema primario debe cumplir el promedio de consumo del número designado de buzos por la duración del buceo. El sistema secundario debe ser capaz de soportar operaciones de recuperación de todos los buzos y equipo si el sistema primario falla. Esto puede ocurrir inmediatamente antes de completar el tiempo de fondo planeado a la máxima profundidad cuando las obligaciones de descompresión son mayores. El suministro de aire de emergencia está previsto en el caso de que todos los suministros de mezcla de gas estén perdidos.

13-4 SELECCION Y REUNION DEL EQUIPO DE BUCEO

Es crítico seleccionar un equipo apropiadamente entrenado para una misión en particular. Refiérase al [Capítulo 6](#) por una explicación extensa de la selección de un equipo de buceo, también como el criterio para seleccionar personal calificado para diversas tareas. Es crítico asegurar que solamente es asignado personal formalmente calificado. El Oficial de Buceo, el Jefe de Buceo y el Supervisor de Buceo deben verificar el nivel de calificación de cada miembro del equipo. El tamaño y complejidad de los sistemas de buceo profundo refuerzan la necesidad de un detallado y comprensivo programa de calificación del personal de turno.

13-4.1 **Entrenamiento del Buzo.** El entrenamiento debe ser la más alta prioridad del comando. El comando que bucea poco frecuente, o con insuficiente entrenamiento y poco trabajo de buceo entre operaciones, difícilmente estará preparado en el caso de una emergencia. El equipo de buceo debe estar ejercitado sobre un programa de buceo regular, utilizando ejercicios de rutina y no rutinarios para permanecer eficiente, no solo en el agua sino también en las tareas de apoyo en superficie. El entrenamiento cruzado asegura que los buzos están calificados para sustituirse uno a otro cuando las circunstancias lo garantizan.

13-4.2 **Requerimientos de Personal.** Para asegurar que un suficiente número de individuos apropiadamente entrenados y calificados es asignado a las más críticas posiciones en una estación de buceo con mezcla de gas suministrado desde superficie, las siguientes posiciones mínimas deben ser tripuladas por buzos formalmente entrenados en mezcla de gases (NDSTC):

- Oficial de Buceo
- Jefe de Buceo
- Supervisor de Buceo

Todas las otras asignaciones a una estación de buceo con mezcla de gases suministrada desde superficie deben ser llenadas de acuerdo con la [Tabla 13-4](#).

Tabla 13-4. Equipo de Buceo en Mezcla de Gases Suministrada Desde Superficie.

Designación	Mar Profundo (MK 21, EXO BR MS, KM-37)	
	Un Buzo	Dos Buzos
Oficial de Buceo	1 (Nota 1)	1 (Nota 1)
Oficial Medico de Buceo	1 (Notas 1 y 4)	1 (Notas 1 y 4)
Supervisor de Buceo/Jefe de Buceo	1 (Notas 1 y 5)	1 (Notas 1 y 5)
Técnico Medico de Buceo	1 (Notas 1 y 6)	1 (Notas 1 y 6)
Buzo	1 (Nota 2)	2 (Nota 2)
Buzo Standby	1 (Nota 2)	1 (Nota 2)
Tender	3 (Nota 2)	5 (Nota 2)
Tomador de Tiempo/Bitacorero	1 (Nota 2)	1 (Nota 2)
Operador de Bancos	1 (Nota 2)	1 (Nota 2)
Operador de Winche	1 (Nota 3)	1 (Nota 3)
Operador de Consola	1 (Nota 2)	1 (Nota 2)
Total de Personal Requerido	12	15

Notas:

- Para asegurar que suficientes individuos apropiadamente entrenados y calificados son asignados a las más críticas posiciones en una estación de buceo con mezcla de gases suministrada desde superficie, las siguientes posiciones mínimas deben ser tripuladas por buzos formalmente entrenados (NDSTC) en mezcla de gases:
 - Oficial de Buceo
 - Jefe de Buceo
 - Supervisor de Buceo
- Las siguientes posiciones deben ser tripuladas por buzos formalmente entrenados (NDSTC) en suministro desde superficie
 - Buzo
 - Buzo Standby
 - Operador de Bancos
 - Operador de Consola
 - Tomador de Tiempo/Bitacorero
- Las siguientes posiciones deben ser para un buzo calificado. Cuando las circunstancias requieren el uso de un no-buzo, el Oficial de Buceo, el Jefe de Buceo y el Supervisor de Buceo deben asegurar que el personal requerido ha sido completamente instruido en las obligaciones requeridas. Estas posiciones incluyen:
 - Tender
 - Tender Standby
 - Operador de Winche
- Un Oficial Medico de Buceo es requerido en el sitio para todos los buceos con exposición excepcional y buceos que excedan el límite de trabajo normal del equipo.
- El Jefe de Buceo puede servir como el Oficial de Buceo si es designado por escrito por el Comandante.
- El Técnico Medico de Buceo es requerido cuando no está disponible un Oficial Medico de Buceo en el sitio.

13-4.3 **Fatiga del Buzo.** La fatiga predispondrá a un buzo a enfermedad de descompresión. Un buzo cansado no está mentalmente alerta. Los buceos con mezcla de gases no deben ser realizados utilizando un buzo fatigado. El comando debe asegurar que todos los buzos que están haciendo buceo con mezcla de gases están bien descansados antes del buceo. Todos los buzos deben tener un mínimo de 8 horas de sueño dentro de las últimas 24 horas antes del buceo.

13-5 INSTRUCCION AL EQUIPO DE BUCEO

Los grandes requerimientos de personal y el incremento en la complejidad de las operaciones de buceo con mezcla de gases, hacen extremadamente importante la instrucción comprensiva de todo el personal. Para las operaciones con mezcla de gases suministrada desde superficie, es apropiada la información de cada programa diario. Además, durante las operaciones de buceo de saturación es requerido un protocolo de buceo para ser leído y firmado de acuerdo con las instrucciones de la unidad. La instrucción debe cubrir todos los aspectos de la operación, incluyendo comunicaciones, equipo, suministro de gas, y emergencias tales como un enredamiento y atrapamiento. Cada miembro de buceo debe entender su propio papel tanto como el de sus compañeros de buceo y la tripulación de apoyo ([Figura 13-3](#)).

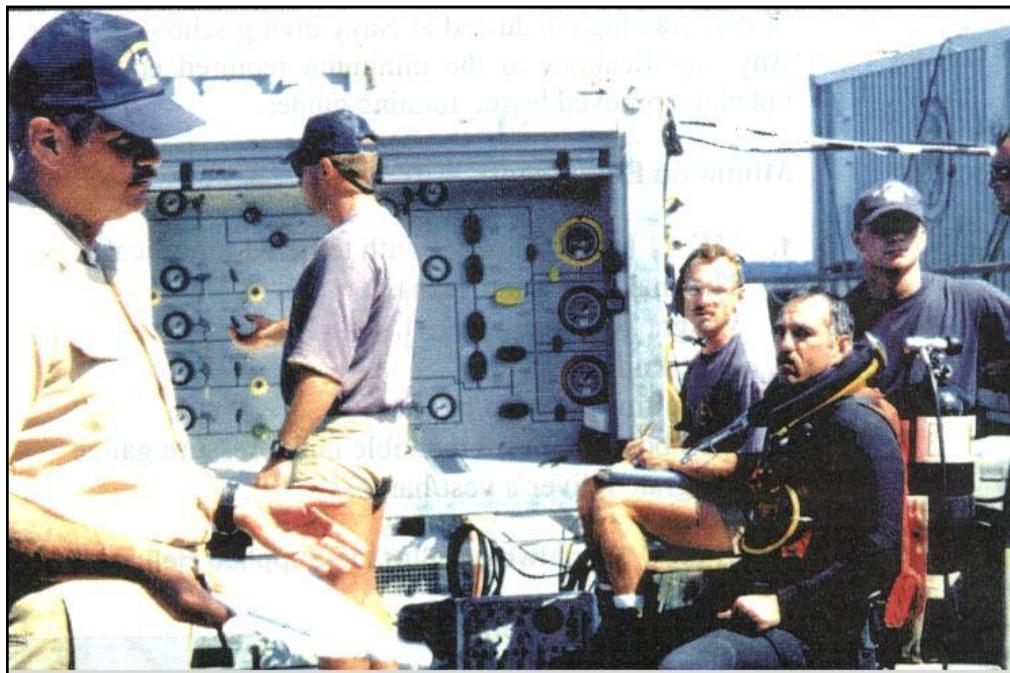


Figura 13-3. Instrucción al Equipo de Buceo.

Mientras la operación está en progreso, los buzos que retornan a la superficie o a la PTC deben ser prontamente interrogados. Esto asegura que el personal de superficie se mantiene al tanto del progreso del buceo, y tiene la información necesaria para modificar el plan de buceo o protocolo como sea apropiado.

13-6 PREPARACIONES FINALES Y PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Antes de iniciar una operación de buceo con mezcla de gases, es importante verificar que todas las preparaciones necesarias han sido efectuadas, así como todas las precauciones de seguridad. Esto asegura que el equipo de buceo está apropiadamente apoyado en su misión y que todas las contingencias posibles han sido evaluadas, en caso de que una circunstancia inesperada se presente.

13-7 MANTENIMIENTO DE REGISTROS

El [Capítulo 5](#) describe los objetivos y la importancia de mantener registros precisos. El Oficial de Buceo, el Jefe de Buceo y el Supervisor de Buceo deben identificar los registros requeridos para sus respectivos sistemas y adaptarlos para cubrir sus necesidades. El propósito de cualquier registro es proporcionar una cuenta precisa y detallada de cada faceta de la operación de buceo, y una tabulación de los suministros gastados para soportar la operación (ej., gases, absorbente de bióxido de carbono, etc.). Cualquier circunstancia inusual con respecto a la conducción del buceo (ej., tratamientos, procedimientos operacionales/emergencia, o desviación de los procedimientos) establecida en el Manual de Buceo de la Marina de E.U., debe ser traida a la observación del Comandante y registrada en la Bitácora de Buceo del Comando.

13-8 EQUIPO DE BUCEO CON MEZCLA DE GASES

Hay varios modos de buceo que son caracterizados por el equipo utilizado. Las siguientes descripciones señalan las capacidades y requerimientos logísticos para varios sistemas de buceo con mezcla de gases.

13-8.1 Equipo Mínimo Requerido.

El equipo mínimo requerido para la fase de alberca del entrenamiento de buceo conducido en las escuelas de la Marina puede ser modificado como sea necesario. Cualquier modificación al equipo mínimo requerido listado aquí, debe ser anotada en las instrucciones aprobadas de lección de entrenamiento.

Equipo Mínimo:

1. Casco MK 21 MOD 1, KM-37 ó máscara EXO BR MS con umbilical
2. Vestimenta de protección térmica
3. Cinturón de lastre
4. Cuchillo de buceo
5. Aletas o botas
6. Cilindro SGE con manómetro de presión sumergible
7. Arnés de buceo integrado



13-8.2 Consideraciones Operacionales:

Figura 13-4. UBA MK 21 MOD 1.

1. Suministro adecuado de mezcla de gases
2. Jefe de Buceo requerido en la estación de buceo para operaciones con mezcla de gases
3. Oficial Medico de Buceo requerido en la estación de buceo para todos los buceos con exposición excepcional y buceos que exceden los límites de trabajo normal del equipo.

4. Cámara de recompresión requerida en la estación de buceo
 5. Buceos con exposiciones excepcionales planeadas o buceos que excedan los límites de trabajo normales requieren aprobación de CNO
 6. Calentador de gas de respiración
 7. Traje de agua caliente
- 13-8.3 Sistema de Buceo Transportable por Aire III (FADS III) con Sistema de Mezcla de Gases (FMGS).** El FADS III con Sistema de Mezcla de Gases (FGMS) es un sistema portátil, autónomo, con soporte de vida del buzo suministrado desde superficie, diseñado para soportar misiones de buceo con mezcla de gases a 300 pam ([Figura 13-5](#) y [13-6](#)). El FMGS consiste de cinco bancos de gas ensamblados, un banco de suministro de aire (ASRA), un banco de suministro de oxígeno (OSRA), y tres bancos de suministro de helio-oxígeno (HOSRA). Cada banco consiste de 9 cilindros de 3.15 pies cúbicos de volumen interno montados verticalmente en una estructura. El ASRA contendrá 9,600 p³ de aire comprimido a 5,000 psi. El aire comprimido es proporcionado por un compresor de 5,000 psi, el cual incluye un sistema de purificación de aire. El oxígeno es almacenado a 3,000 psi. El FMGS también incluye una consola de control de mezcla de gases (MGCCA) y dos compresores de gas para utilizar en la carga del OSRA y HOSRA. Tres bancos de dos, tres y cuatro cilindros permiten al ASRA proporcionar aire a los buzos tanto como para soportar operaciones de la cámara. Los procedimientos de ajuste y operación para el FMGS se encuentran en el Manual Técnico de Operación y Mantenimiento para el Sistema de Buceo Transportable por Aire (FADS) III con Sistema de Mezcla de Gases, S9592-B2-OMI-010.



Figura 13-5. FADS III con Sistema de Mezcla de Gases (FMGS).

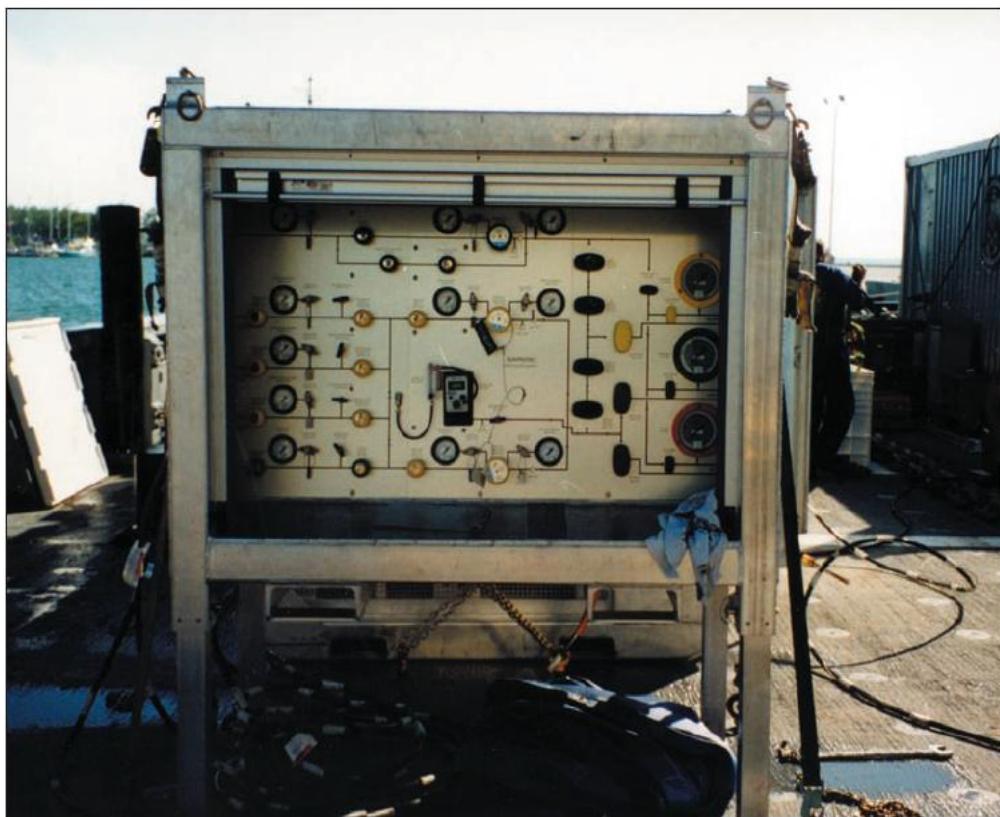


Figura 13-6. Consola de Control del FMGS.

Procedimientos de Buceo con Mezcla de Gases Suministrada Desde Superficie

14-1 INTRODUCCION

- 14-1.1** **Objetivo.** El objetivo de este capítulo es familiarizar a los buzos con los procedimientos de buceo con mezcla de gases suministrada desde superficie de la Marina de E.U.
- 14-1.2** **Alcance.** El buceo con mezcla de gases de circuito abierto, suministrada desde superficie, es realizado con mezclas de helio-oxígeno suministradas por una manguera flexible. El buceo con mezcla de gases suministrada desde superficie es particularmente conveniente para operaciones más allá de los límites de profundidad de un buceo con aire, todavía cortas de las profundidades y tiempos que requieren el uso de un sistema de buceo de saturación. El buceo con mezcla de gases suministrada desde superficie también es útil en el rango de buceo con aire cuando se requiere estar libre de la narcosis nitrogénica.

14-2 PLANEACION DE LA OPERACION

La planeación de buceos con mezcla de gases suministrada desde superficie envuelve muchas de las mismas consideraciones utilizadas cuando se planea un buceo con aire. Los aspectos de la planeación que son únicos al buceo con mezcla de gases suministrada desde superficie incluyen la logística de proporcionar varias diferentes mezclas de gases para el buzo y las limitaciones de los buceos repetitivos, lo cual es tratado más adelante.

- 14-2.1** **Profundidad y Límites de Exposición.** El límite operacional normal para el buceo con mezcla de gases suministrada desde superficie es 300 pam por 30 minutos.

Dentro de cada tabla de descompresión ([Tabla 14-3](#)), una línea límite de exposición excepcional separa los buceos de trabajo normal de los buceos que son considerados exposición excepcional. Los buceos con exposiciones excepcionales requieren largas descompresiones y están asociados con un incremento del riesgo de enfermedad de descompresión y exposición a los elementos. Las exposiciones excepcionales deben ser emprendidas solamente en una emergencia bajo el criterio de los oficiales del Comando. Los buceos con exposiciones excepcionales planeados requieren aprobación del CNO.

Los buceos repetitivos no son permitidos en el buceo con helio-oxígeno suministrado desde superficie, excepto como se señala en el [párrafo 14-13.6](#). Después de un “buceo de no-descompresión”, el buzo debe esperar 12 horas antes de hacer un segundo buceo. Después de un buceo con descompresión, el buzo debe esperar 18 horas. Para minimizar los efectos de la toxicidad pulmonar por oxígeno, un buzo debe tomar un día de rompimiento después de cuatro días consecutivos de buceo.

- 14-2.2** **Ascenso a Altitud.** Después de un buceo de no-descompresión, el buzo debe esperar 12 horas antes de ascender a altitud. Después de un buceo con descompresión, el buzo debe esperar 24 horas.

- 14-2.3** **Temperatura del Agua.** La pérdida de temperatura del cuerpo (hipotermia) puede ser un problema mayor durante prolongados buceos profundos. Es preferible un traje de agua caliente para los buceos con suministro desde superficie en agua fría.

14-2.4 Mezclas de Gases. Se requieren cuatro mezclas de gases para cubrir las tablas de buceo con mezcla de gases suministrada desde superficie en su rango total:

- Mezcla de Fondo – La mezcla de fondo puede variar desde 90% helio 10% oxígeno a 60% helio 40% oxígeno, dependiendo de la profundidad del buzo. El rango permisible de mezclas de fondo para cada profundidad se muestra en la Tabla 14-3.
- 50% Helio 50% Oxígeno – Esta mezcla es utilizada desde 90 pam a 40 pam durante la descompresión. La concentración de oxígeno en la mezcla puede estar en el rango desde 49 a 51 por ciento.
- Oxígeno 100% - El oxígeno es utilizado en las paradas en el agua a 30 y 20 pam durante la descompresión en el agua, y a 50, 40 y 30 pam en la cámara durante la descompresión en superficie.
- Aire – El aire es utilizado como un gas de respaldo de emergencia a través de todo el buceo y para proporcionar rompimientos con aire durante la respiración con oxígeno.

Las mezclas de helio oxígeno deben analizarse por el contenido de oxígeno con un instrumento que tenga una precisión de $\pm 0.5\%$.

14-2.5 Suministro de Gas de Emergencia. Todos los buzos son equipados con un suministro de gas de emergencia (SGE). La mezcla de gas SGE será la misma que la mezcla de fondo a menos que esta contenga menos de 16% de oxígeno, en tal caso la mezcla de gas SGE puede ser desde 15 a 17% de oxígeno. El SGE será un cilindro SCUBA adecuadamente cargado aprobado por ANU. Un cilindro SCUBA adecuadamente cargado se define como: la presión que proporciona suficiente gas para llevar al buzo a su primera parada de descompresión o a la superficie en buceos de no-descompresión. Se supone que esto dará al personal en superficie, tiempo suficiente para ejecutar los procedimientos de emergencia requeridos para restaurar el suministro de aire desde superficie.

14-3 PROCEDIMIENTOS DE DESCENSO Y ASCENSO CON HELIO-OXIGENO SUMINISTRADO DESDE SUPERFICIE

La Tabla de Descompresión con Helio-Oxígeno Suministrado Desde Superficie ([Tabla 14-3](#)) es utilizada para descomprimir buzos de buceos con helio-oxígeno suministrado desde superficie. La tabla es en un formato profundidad-tiempo similar a la Tabla de Descompresión con Aire de la Marina de E.U. y es utilizada de un modo similar.

14-3.1 Selección de la Mezcla de Fondo. La Tabla de Descompresión con Helio-Oxígeno Suministrado Desde Superficie ([Tabla 14-3](#)) especifica las concentraciones de oxígeno máximas y mínimas permisibles en la mezcla helio-oxígeno a profundidad. La concentración máxima de oxígeno ha sido seleccionada para que el buzo nunca exceda una presión parcial de oxígeno de 1.3 ata mientras está en el fondo. El porcentaje de oxígeno mínimo permitido en la mezcla es 14 por ciento para profundidades a 200 pam, y 10 por ciento para profundidades mayores de 200 pam. Es exhortado a bucear con una mezcla cercana al máximo porcentaje de oxígeno, ya que ofrece una ventaja en la descompresión del buzo. Para la planeación operacional, será establecido un rango de posibles profundidades y una mezcla seleccionada que cumplirá con las especificaciones máximas/mínimas a través del rango de profundidad.

14-3.2 Selección de la Cédula de Descompresión. Para seleccionar una tabla y cédula de descompresión apropiada, cuantifique la mayor profundidad alcanzada por el buzo y entre a la tabla en la profundidad exacta o próxima mayor. Cuando se utiliza un profundímetro neumático para medir la profundidad, corrija la lectura de profundidad observada como se

muestra en la [Tabla 14-1](#). Asegúrese que el profundímetro neumático este localizado a nivel de la mitad del pecho.

Tabla 14-1. Factores de Corrección del Profundímetro Neumático.

Lectura de Profundidad en el Profundímetro Neumático	Factor de Corrección
0-100 pam	+ 1 pam
101-200 pam	+ 2 pam
201-300 pam	+ 4 pam
301-400 pam	+ 7 pam

Ejemplo: El profundímetro del buzo lee 250 pam. En el rango de profundidad de 201-300 pam, el profundímetro neumático sobre estima la profundidad del buzo por 4 pam. Para determinar la profundidad, añada 4 pam a la lectura del profundímetro, dando la profundidad del buzo como 254 pam.

El tiempo de fondo es medido como el tiempo desde que deja la superficie hasta que deja el fondo, redondeado al próximo minuto completo, excepto como es anotado en el [párrafo 14-3.5](#). Entre a la tabla en el tiempo de fondo exacto o próximo mayor.

14-3.3

Velocidades de Viaje y Tiempos de Parada. La velocidad de descenso no es crítica, pero en general no debe exceder 75 pam/min. El ascenso del fondo a la primera parada, entre paradas de descompresión, y desde la última parada de descompresión a la superficie es de 30 pam/minuto. Son aceptables variaciones menores en la velocidad de ascenso entre 20 y 40 pam/min. Para descompresión en superficie, la velocidad de ascenso desde la parada en el agua a 40 pam a la superficie es a 40 pam/min.

El tiempo en la primera parada de descompresión inicia cuando el buzo arriba a la parada y finaliza cuando él deja la parada. Para todas las paradas subsecuentes, el tiempo de parada inicia cuando el buzo deja la parada previa y finaliza cuando él deja la parada. En otras palabras, el tiempo de ascenso entre paradas está incluido en el tiempo de parada subsecuente. La única excepción es la primera parada con oxígeno a 30 pam. La parada con oxígeno a 30 pam inicia cuando el buzo está confirmado estar con oxígeno a 30 pam y finaliza cuando el buzo deja los 30 pam. El tiempo de ascenso desde la parada con oxígeno de 30 a 20 pam está incluido en el tiempo de parada con oxígeno a 20 pam.

14-3.4

Gas de Respiración en la Descompresión. Descomprimir con la mezcla de fondo hasta 90 pam, entonces cambiar al buzo a una mezcla 50% helio 50% oxígeno. Una vez arribando a la parada a 30 pam, cambiar al buzo a oxígeno al 100%.

Para todos los buceos, puede utilizarse la descompresión en superficie después de completar la parada en el agua a 40 pam, como se describe en el [párrafo 14-3.11](#). Durante la descompresión en superficie, el buzo sale a superficie mientras respira 50% helio 50% oxígeno.

14-3.5

Procedimientos Especiales para Descenso con Menos del 16% de Oxígeno. Para prevenir hipoxia, se requiere un procedimiento de descenso especial cuando la mezcla de fondo contiene menos de 16% de oxígeno:

1. Ponga al buzo en la superficie con aire.
2. Haga las verificaciones previas al buceo apropiadas.

3. Haga que el buzo descienda a 20 pam.
4. En 20 pam, cambie al buzo a la mezcla de fondo y ventílelo por 20 segundos.
5. Confirme que el buzo está con mezcla de fondo, entonces realiza una verificación final por fugas. Se le permite al buzo 5 minutos para descender a 20 pam, cambie a la mezcla de fondo y ejecute las verificaciones del equipo.
6. Haga que el buzo inicie el descenso.
7. Inicia el tiempo de fondo.
 - Si el buzo permanece 5 minutos o menos desarrolle los procedimientos de arriba, el tiempo de fondo inicia cuando el buzo deja los 20 pam.
 - Si el buzo permanece más de 5 minutos desarrolle los procedimientos de arriba, el tiempo de fondo inicia en la marca de 5 minutos.
8. Si es necesario llevar al buzo de regreso a superficie desde 20 pam para corregir un problema:
 - Cambie al buzo de la mezcla de fondo a aire.
 - Ventile al buzo.
 - Confirme que el buzo está con aire.
 - Haga que el buzo inicie el ascenso.
 - Cuando el buzo entra de nuevo al agua, el periodo de gracia de 5 minutos inicia otra vez. No se requiere ajuste del tiempo de fondo por la exposición previa a 20 pam.

14-3.6

Abortando el Buceo Durante el Descenso. La incapacidad para ecualizar los oídos o senos paranasales puede forzar a abortar el buceo durante el descenso.

1. Si es necesario llevar al buzo de regreso a superficie desde profundidades desde 100 pam y menos profundas:
 - Asegúrese que el buzo está en estado de no-descompresión.
 - Si la mezcla de fondo es 16% de oxígeno o mayor, asciende directamente a superficie a 30 pam/minuto.
 - Si la mezcla de fondo es menor a 16% de oxígeno, asciende a 20 pam a 30 pam/min.
 - Cambie al buzo de la mezcla de fondo a aire.
 - Ventile al buzo.
 - Confirme que el buzo está con aire.
 - Complete el ascenso a la superficie con aire.

- Si se desea, puede ejecutarse otro buceo después de un buceo abortado desde 100 pam o menos profundo. Añada el tiempo de fondo de todos los buceos al tiempo de fondo del nuevo buceo, y use la profundidad más profunda cuando calcule una tabla y cédula para el nuevo buceo.
2. Si es necesario abortar un buceo más profundo que 100 pam:
- Siga la cédula de descompresión normal hasta superficie.
 - No se permiten los buceos repetitivos después de un buceo abortado a mayor profundidad que 100 pam.

14-3.7 Procedimientos para Cambiar a 50% Helio/50% Oxígeno a 90 pam. Todos los buceos, excepto los de no-descompresión, requieren un cambio de la mezcla de fondo a 50% helio 50% oxígeno a 90 pam durante la descompresión. Siga estos pasos:

1. Cambie la consola a 50% helio 50% oxígeno cuando el buzo alcanza 90 pam.
2. Si hay una parada de descompresión a 90 pam, ventile cada buzo por 20 segundos a 90 pam.
3. Confirme que los buzos están con 50% helio 50% oxígeno.
4. Si no hay parada de descompresión a 90 pam, retrase la ventilación hasta arribar a la próxima parada menos profunda.

El tiempo del cambio de gas está incluido en el tiempo de la parada.

14-3.8 Procedimientos para Cambiar a 100 Por Ciento Oxígeno a 30 pam. Todos los buceos con descompresión en el agua requieren un cambio a 100 por ciento oxígeno en la parada a 30 pam. Una vez arribando a la parada, ventile cada buzo con oxígeno siguiendo estos pasos:

1. Cambie la consola a 100% oxígeno cuando el buzo alcanza 30 pam.
2. Ventile cada buzo por 20 segundos.
3. Verifique que la voz de los buzos cambia.

El tiempo en la parada a 30 pam inicia cuando los buzos están confirmados estar con oxígeno.

14-3.9 Rompimientos con Aire a 30 y 20 pam. En las paradas en el agua a 30 y 20 pam, el buzo respira oxígeno en períodos de 30 minutos separados por rompimientos con aire de 5 minutos. Los rompimientos con aire no cuentan para el tiempo de descompresión requerido. Cuando se requiere un rompimiento con aire, cambie la consola a aire por 5 minutos, y entonces regrese a 100% oxígeno. No se requiere la ventilación de los buzos. Con el propósito de cronometrar los rompimientos con aire, el tiempo con oxígeno inicia cuando todos los buzos están confirmados estar con oxígeno. Si el tiempo total de la parada con oxígeno es de 35 minutos o menos, no es requerido un rompimiento con aire a los 30 minutos. Si el periodo final con oxígeno es de 35 minutos o menos, no se requiere el rompimiento con aire final en la marca de 30 minutos. En cualquier caso, el buzo sale a superficie con oxígeno 100% una vez completado el tiempo con oxígeno.

Ejemplo

1. Los buzos están en una descompresión en el agua sobre una cédula de descompresión de 220 pam por 20 minutos. La cédula indica 23 minutos con oxígeno a 30 pam y 41 minutos con oxígeno a 20 pam.
2. Los buzos inician sus 23 minutos de tiempo de parada a 30 pam cuando confirmaron estar con oxígeno a 30 pam.
3. Despues de 23 minutos con oxígeno a 30 pam, los buzos ascienden a 20 pam para completar sus 41 minutos de parada a 20 pam. Los 20 segundos de tiempo de viaje de 30 a 20 pam con oxígeno están incluidos en los 41 minutos de tiempo de parada.
4. A 7 minutos, desde que los buzos dejaron su parada en el agua a 30 pam, la consola se cambia a aire. Esto es porque completaron un total de 30 minutos con oxígeno. La ventilación de los buzos no es requerida.
5. Despues de 5 minutos con aire, se cambia la consola a oxígeno 100%. No se requiere ventilación. El periodo de cinco minutos es considerado tiempo muerto desde el punto de vista de la descompresión. Un total de 34 minutos con oxígeno restan de ser completados a 20 pam.
6. Ya que el tiempo de oxígeno remanente es menor a 35 minutos, los buzos respiran oxígeno por los últimos 34 minutos antes de ascender a la superficie sin tomar un rompimiento con aire adicional. Los buzos permanecen con oxígeno durante el ascenso a la superficie.

14-3.10 Ascenso desde la Parada en el Agua a 20 pam. Para descompresión normal en el agua, el buzo sale a superficie desde 20 pam con oxígeno. La velocidad de ascenso es de 30 pam/min.

14-3.11 Descompresión en Superficie con Oxígeno (SurDO₂). La descompresión con oxígeno en superficie es preferida sobre la descompresión con oxígeno en el agua para operaciones de rutina. Los procedimientos SurDO₂ mejoran el confort y la seguridad del buzo. Un buzo es elegible para descompresión en superficie cuando ha completado la parada en el agua a 40 pam. Para iniciar la descompresión en superficie:

ADVERTENCIA **El intervalo desde que deja 40 pam en el agua a arribar a 50 pam en la cámara no puede exceder de 5 minutos sin incurrir en una penalidad (Ver párrafo 14-4.14.)**

1. Lleve al buzo a la superficie a 40 pam/min y desvístalo.
2. Ponga al buzo en la cámara de recompresión. El uso de un tender interno cuando dos buzos van a descompresión en superficie es a discreción del Supervisor de Buceo. Si no se utiliza un tender interno, ambos buzos se monitorearán cuidadosamente uno a otro, además de que estén siendo observados estrechamente por el personal de superficie.
3. Comprima al buzo con aire a 50 pam a una velocidad de compresión máxima de 100 pam/min. El intervalo en superficie es el lapso de tiempo desde que el buzo deja la parada en el agua a 40 pam al tiempo en que arriba a 50 pam en la cámara. Un intervalo en superficie normal no excede de 5 minutos.

4. Una vez arribado a 50 pam, coloque al buzo con oxígeno al 100% por mascarilla. La mascarilla será sujetada con correas en ambos buzos para asegurar un buen sello de oxígeno.
5. En la cámara, tenga a los buzos respirando oxígeno por periodos de 30 minutos separados por rompimientos con aire de 5 minutos. El número requerido de periodos de oxígeno está indicado en la [Tabla 14-3](#). El primer periodo consiste de 15 minutos con oxígeno a 50 pam seguido de 15 minutos con oxígeno a 40 pam. Los periodos 2, 3 y 4 son realizados a 40 pam. Los periodos 5, 6, 7 y 8 son hechos a 30 pam. El ascenso desde 50 a 40 y de 40 a 30 pam es a 30 pam/min. El tiempo de ascenso está incluido en el tiempo de oxígeno/aire. El ascenso de 40 a 30 pam, si es requerido, debe tomar lugar durante el rompimiento con aire.
6. Cuando el último periodo con oxígeno ha sido completado, regresar al buzo a respirar aire de la cámara.
7. Ascender a la superficie a una velocidad de 30 pam/min.

El supervisor de buceo puede iniciar la descompresión en superficie en cualquier punto durante la descompresión con oxígeno en el agua a 30 ó 20 pam, si lo desea. La descompresión en superficie puede llegar a ser deseable si las condiciones del mar se deterioran, el buzo se siente mal, o surge otra contingencia. Una vez en la cámara, el buzo debe recibir el número total de periodos de oxígeno en la cámara prescritos en las tablas. A diferencia del buceo con aire, no es permitido crédito por el tiempo ya pasado con oxígeno en el agua.

14-3.12 Variación en la Velocidad de Ascenso. La velocidad de ascenso a la primera parada y entre las paradas subsecuentes es de 30 pam/minuto. Son aceptables variaciones menores en la velocidad de ascenso de entre 20 y 40 pam/minuto.

14-3.12.1 Arribo Temprano a la Primera Parada. Si el buzo arriba temprano a la primera parada:

1. Inicie el tiempo de la primera parada cuando el tiempo de viaje requerido ha sido completado.
2. Si la primera parada requiere un cambio de gas, inicie el cambio de gas y la ventilación una vez arribando a la parada, pero inicie el tiempo de la parada solamente cuando el tiempo de viaje requerido ha sido completado.

14-3.12.2 Retrasos en Arribar a la Primer Parada.

1. Retraso menor a 1 minuto. Retrasos menores de un minuto en arribar a la primera parada pueden ser ignorados.
2. Retrasos mayores a 1 minuto. Redondeé el tiempo de retraso al próximo minuto completo y añádalo al tiempo de fondo. Calcule nuevamente la cédula de descompresión. Si no requiere cambio en la cédula, continúe con la descompresión planeada. Si es requerido un cambio en la cédula y la nueva cédula pide una parada de descompresión más profunda que la profundidad actual del buzo, realice cualquier parada más profunda perdida en la profundidad actual del buzo. No vaya más profundo.

Ejemplo. Si el tiempo de retraso en llegar a la primera parada es de 3 minutos y 25 segundos, redondeé al minuto próximo completo y añada 4 minutos al tiempo de fondo. Verifique nuevamente la tabla de descompresión para ver si la profundidad de paradas o tiempos de descompresión han cambiado.

14-3.12.3 Retraso en Dejar una Parada o en Arribar a la Próxima Parada.

- Retrasos a mayor profundidad que 90 pam.
 1. Retrasos menores que 1 minuto pueden ser ignorados.
 2. Retraso mayor que un minuto. Añada el retraso al tiempo de fondo y calcule nuevamente la descompresión requerida. Si se requiere una nueva cédula, tome la nueva cédula en la presente parada o parada subsiguiente si el retraso ocurre entre paradas. Ignore cualquier parada o tiempo perdidos más profundo que la profundidad en la cual ocurrió el retraso. Si ocurrió un retraso entre paradas, reinicie el tiempo de la parada subsiguiente en la terminación del retraso.
- Retrasos a 90 pam y menos profundos.
 1. Retrasos menores a 1 minuto pueden ser ignorados.
 2. Retrasos mayores a 1 minuto no requieren acción especial, excepto bajo consideraciones especiales, como se describe abajo, cuando se descomprime con presiones parciales de oxígeno altas. Reasuma la cédula de descompresión normal a la terminación del retraso. Si ocurre un retraso entre paradas, reinicie el tiempo de la parada subsiguiente a la terminación del retraso.
- Consideraciones especiales cuando se descomprime con presiones parciales de oxígeno altas:
 1. Retrasos mayores a 5 minutos entre 90 y 70 pam. Cambie al buzo a aire para evitar el riesgo de toxicidad del SNC por oxígeno. A la terminación del retraso, regrese al buzo a 50% helio 50% oxígeno. Añada el tiempo con aire al tiempo de fondo y calcule nuevamente la descompresión requerida. Si es requerida una nueva cédula, tome la nueva cédula en la presente parada o parada subsiguiente si el retraso ocurre entre paradas. Ignore cualquier parada o tiempo perdido más profundo que la profundidad en la cual ocurrió el retraso.
 2. Retrasos dejando la parada a 30 pam. Retrasos mayores a 1 minuto dejando la parada a 30 pam serán restados del tiempo de parada a 20 pam.

14-3.12.4 Retraso en el Ascenso desde 40 pam a la Superficie para Descompresión en Superficie. Haga caso omiso de cualquier retraso en el ascenso desde 40 pam a la superficie durante la descompresión en superficie a menos que el buzo exceda el intervalo en superficie de 5 minutos. Si el buzo excede el intervalo en superficie de 5 minutos, siga la guía en el párrafo 14-4.14.

14-4 PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA CON HELIO-OXIGENO SUMINISTRADO DESDE SUPERFICIE.

En el buceo con mezcla de gases suministrada desde superficie, son utilizados procedimientos específicos en situaciones de emergencia. Los siguientes párrafos detallan estos procedimientos. Otros factores médico/fisiológicos que los buzos de mezcla de gases suministrada desde superficie necesitan considerar, son cubiertos en detalle en el [Capítulo 3](#). Las tablas de Tratamiento de la Marina de E.U. son presentadas en el [Capítulo 20](#).

14-4.1 Tiempo de Fondo en Exceso de la Tabla.

En la rara circunstancia de buzo atrapado o umbilical atorado, el tiempo de fondo puede exceder de 120 minutos, el valor más grande mostrado en la tabla. Cuando es previsto que el

tiempo de fondo excederá de 120 minutos, inmediatamente contacte a la Unidad de Buceo Experimental de la Marina por consejo sobre cual procedimiento de descompresión seguir. Si no puede ser obtenido el consejo a tiempo:

1. Descomprima al buzo utilizando la cédula de 120 minutos por la mayor profundidad alcanzada.
2. Cambie a oxígeno 100% a 40 pam.
3. Saque al buzo a superficie después de completar 30 minutos con oxígeno a 40 pam. El tiempo de oxígeno a 40 pam inicia cuando está confirmado que el buzo está con oxígeno.
4. Recomprima al buzo a 60 pam en la cámara tan rápido como sea posible, sin exceder 100 pam/min.
5. Trate al buzo con una [Tabla de Tratamiento 6](#) extendida. Extienda la [Tabla de Tratamiento 6](#) por dos periodos respirando oxígeno a 60 pam (20 minutos con oxígeno, 5 minutos con aire, 20 minutos con oxígeno) y dos periodos respirando oxígeno a 30 pam (60 minutos con oxígeno, 15 minutos con aire, 60 minutos con oxígeno).

14-4.2 Pérdida del Suministro de Helio-Oxígeno en el Fondo. Siga este procedimiento si el suministro de helio-oxígeno en el umbilical se pierde en el fondo:

1. Cambie al buzo al sistema de gas de emergencia (SGE).
2. Aborte el buceo.
3. Permanezca con el SGE hasta arribar a la primera parada en el agua.
4. A 90 pam, cambie al buzo a 50% helio 50% oxígeno y complete la descompresión como se planeó.
5. Si el SGE llega a terminarse antes de alcanzar 90 pam, cambie al buzo a aire, complete la descompresión a 90 pam, cambie al buzo a 50% helio 50% oxígeno y continúe la descompresión como se planeó.

14-4.3 Pérdida del Suministro de 50% Oxígeno Durante la Descompresión en el Agua. Si el buzo no puede ser cambiado a 50% helio 50% oxígeno a 90 pam o si se pierde el suministro de 50% helio 50% oxígeno durante la descompresión:

1. Cambie al buzo a aire y continúe la descompresión como se planeó mientras se trata de corregir el problema.
2. Cambie al buzo a 50% helio 50% oxígeno una vez que el problema sea corregido. El tiempo transcurrido con aire cuenta para la descompresión.
3. Si el problema no puede corregirse:
 - Continúe la descompresión planeada con aire.
 - Cambie al buzo de aire a oxígeno una vez arribando a la parada de 50 pam.
 - Respira oxígeno a 50 y 40 pam por los tiempos de descompresión indicados en la [Tabla 14-3](#), pero no exceder 16 minutos a 50 pam. El tiempo con oxígeno a 50 pam inicia cuando se confirma que los buzos están con oxígeno. Si la parada a 50 pam

excede 16 minutos, los buzos ascienden a 40 pam y se añade el tiempo remanente de la parada a 50 pam al tiempo de la parada a 40 pam con oxígeno.

- Descomprima en superficie como el [párrafo 14-3.11](#) después de completar la parada a 40 pam.

14-4.4

Pérdida del Suministro de Oxígeno Durante la Descompresión en el Agua. Si el buzo no puede cambiarse a oxígeno a 30 pam o el suministro de oxígeno se pierda durante las paradas en el agua a 30 ó 20 pam:

1. Regréselo a 50% helio 50% oxígeno. Si no es posible el cambio a 50% helio 50% oxígeno, cámbielo a aire.
2. Si el problema puede ser remediado rápidamente, ventile nuevamente al buzo con oxígeno y reanude la cédula en el punto de interrupción. Considere cualquier tiempo con aire o helio-oxígeno como tiempo muerto.
3. Si el problema no puede ser remediado, inicie la descompresión en superficie. Ignore cualquier tiempo ya gastado con oxígeno a 30 ó 20 pam. Los cinco minutos de intervalo en superficie requeridos por la descompresión en superficie inician una vez dejando la parada a 30 ó 20 pam.
4. Si el problema no puede remediarse y la descompresión en superficie no es factible, complete la descompresión con 50% helio 50% oxígeno o aire. Para 50% helio 50% oxígeno, duplique el tiempo de oxígeno remanente para cada parada en el agua. Para aire, triplique el tiempo de oxígeno remanente.

Ejemplo: Un buzo pierde el oxígeno en 15 minutos dentro de la parada en el agua a 30 pam y es cambiado de nuevo a la mezcla de descompresión de 50% helio 50% oxígeno. El problema no puede corregirse. La cédula original del buzo pide 32 minutos de oxígeno a 30 pam y 58 minutos de oxígeno a 20 pam.

Quedan diecisiete minutos de tiempo de oxígeno (32-15) a 30 pam. Faltan 58 minutos a 20 pam. El buzo debe permanecer 34 minutos adicionales (17×2) a 30 pam con mezcla 50/50, seguidos de 116 minutos (58×2) a 20 pam. Sale el buzo a superficie al completar la parada a 20 pam.

Ejemplo: Un buzo pierde el oxígeno en 10 minutos dentro de la parada en el agua a 30 pam y es cambiado a aire. El problema no puede corregirse. La cédula original del buzo pide 28 minutos con oxígeno a 30 pam y 50 minutos con oxígeno a 20 pam.

Quedan dieciocho minutos de tiempo con oxígeno (28-10) a 30 pam. Faltan cincuenta minutos a 20 pam. El buzo debe permanecer 54 minutos adicionales (18×3) a 30 pam con aire, seguidos de 150 minutos (50×3) con aire a 20 pam. El buzo sale a superficie una vez completado la parada a 20 pam.

14-4.5

Perdida del Suministro de Oxígeno en la Cámara Durante la Descompresión en Superficie. Si el suministro de oxígeno en la cámara se pierde durante la descompresión en superficie, tenga al buzo respirando aire de la cámara.

- Pérdida Temporal. Regrese al buzo a respirar oxígeno. Considere cualquier tiempo con aire como tiempo muerto.
- Pérdida Permanente. Multiplique el tiempo de oxígeno remanente por tres para obtener el tiempo de descompresión en cámara con aire equivalente. Si hay disponible 50% helio 50% oxígeno, multiplique el tiempo de oxígeno remanente por dos para obtener el

tiempo de descompresión en cámara con 50/50 equivalente. Si la pérdida ocurrió a 50 ó 40 pam, destine el 10% del tiempo equivalente de aire o helio-oxígeno a la parada a 40 pam, 20% a la parada a 30 pam, y 70% a la parada a 20 pam. Si el buzo está a 50 pam, ascienda a 40 pam para iniciar el tiempo de la parada. Si la pérdida ocurrió a 30 pam, destine 30% del tiempo equivalente de aire o helio-oxígeno a la parada a 30 pam y 70% a la parada a 20 pam. Redondee el tiempo de las paradas al minuto próximo completo. Sale a superficie una vez completada la parada a 20 pam.

Ejemplo: El suministro de oxígeno a la cámara se perdió a 10 minutos dentro del primer periodo de 30 minutos con oxígeno. No hay helio-oxígeno disponible. La cédula de descompresión en superficie original pide tres periodos de 30 minutos respirando oxígeno (90 minutos de oxígeno en total). El buzo está a 50 pam.

El tiempo de oxígeno remanente es de 80 minutos ($90 - 10$). El tiempo de descompresión en la cámara con aire equivalente es de 240 minutos (3×80). Los 240 minutos de tiempo de parada con aire debe ser destinado como sigue: Veinticuatro minutos a 40 pam (240×0.1), 48 minutos a 30 pam (240×0.2), y 168 minutos a 20 pam (240×0.7). Como se describió arriba, el buzo debe ascender de 50 a 40 pam e iniciar los 24 minutos de tiempo de parada a 40 pam.

14-4.6

Contaminación del Suministro de Gas de Descompresión. Si el suministro de gas de descompresión llega a contaminarse con la mezcla de fondo, mezcla 50/50, aire u oxígeno:

1. Encuentre la fuente de contaminación y corrija el problema. Las probables fuentes de contaminación incluyen:
 - Una válvula inapropiada en línea en la consola. Esto puede verificarse revisando el porcentaje de oxígeno con el analizador de oxígeno de la consola.
 - Apertura accidental de la válvula del suministro de gas de emergencia (SGE).
2. Cuando el problema es corregido:
 - Ventile cada buzo por 20 segundos y confirme que los buzos están con gas de descompresión.
 - Continúe la descompresión como se planeó. No alargue tiempos de parada para compensar por el tiempo gastado para corregir el problema.

14-4.7

Síntomas de Toxicidad por Oxígeno del SNC (No Convulsivos) en las Paradas en el Agua a 90 y 60 pam.

Los síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC son improbables, pero posibles, mientras el buzo esta respirando 50% helio 50% oxígeno en el agua a profundidades de 60 pam y mayores. Si aparecen síntomas de toxicidad por oxígeno, tome las siguientes acciones:

1. Lleve a los buzos arriba 10 pies y cambie a aire para reducir la presión parcial de oxígeno. Cambie la consola en tanto los buzos estén subiendo.
2. Ventile ambos buzos una vez arribando a la parada menos profunda. Ventile al buzo afectado primero.
3. Permanezca en la parada menos profunda hasta que el tiempo perdido de la parada previa se cumpla.

4. Reanude la descompresión planeada respirando aire.
5. Una vez arribando a la próxima parada menos profunda, regrese a los buzos a la mezcla 50% helio 50% oxígeno. Ignore cualquier tiempo perdido con la mezcla 50/50. Una recurrencia de los síntomas es altamente improbable por la presión parcial de oxígeno reducida a la menor profundidad.

Ejemplo. El buzo Rojo tiene un síntoma de toxicidad por oxígeno 5 minutos dentro de su parada programada de 9 minutos a 80 pam. La canastilla con los dos buzos asciende a 70 pies y se cambia la consola a aire. Una vez arribando a 70 pam, el buzo Rojo es ventilado por 20 segundos, seguido por el buzo Verde. Los buzos permanecen a 70 pam por los restantes 4 minutos de su parada a 80 pies, y entonces inician sus 10 minutos de tiempo programado de parada a 70 pam al completar los 4 minutos. Una vez alcanzando 60 pam, la consola se cambia de nuevo a la mezcla 50/50 y son ventilados ambos buzos. La cédula de descompresión normal es reanudada a 60 pam.

14-4.8

Convulsiones por Oxígeno en las Paradas en el Agua a 90-60 pam. Si los síntomas de toxicidad por oxígeno avanzan a una convulsión a 90-60 pam a pesar de las medidas tomadas arriba, se está desarrollando una emergencia grave. Solo se pueden presentar aquí las guías generales del manejo. El personal de supervisión en superficie debe tomar cualquier acción que ellos consideren necesaria para traer al afectado bajo control.

Siga estos procedimientos cuando un buzo está convulsionando en las paradas en el agua a 90-60 pam:

1. Cambie a ambos buzos a aire, si no ha sido tomada ya esta acción.
2. Tenga al buzo no afectado ventilándose el mismo y entonces ventile al buzo afectado.
3. Si solamente un buzo está en el agua, lance al buzo standby inmediatamente y haga que ventile al buzo afectado.
4. Mantenga a los buzos en la profundidad hasta que la fase tónico-clónica de la convulsión ha remitido. La fase tónico-clónica de una convulsión generalmente dura de 1 a 2 minutos.
5. Al final de la fase tónico-clónica, tenga al compañero de buceo o buzo standby verificando si el buzo está respirando. La presencia o ausencia de sonidos respiratorios también será audible sobre la intercomunicación.
6. Si parece que el buzo no está respirando, tenga al compañero de buceo o buzo standby reintentando posicionar la cabeza para abrir las vías aéreas. La obstrucción de las vías aéreas será la razón más común por la que un buzo inconsciente no puede respirar.
7. Si el buzo afectado está respirando, tenga al compañero de buceo o buzo standby atendiendo al buzo afectado y descomprima a ambos buzos con aire siguiendo la cédula original. Cambie a los buzos a 50% helio 50% oxígeno una vez arribando a 50 pam. Descomprima en superficie una vez completada la parada en el agua a 40 pam..
8. Si no es posible verificar que el buzo afectado está respirando, deje al buzo no afectado en la parada para completar la descompresión, y lleve a superficie al buzo afectado con el buzo standby a 30 pam/min. Cambie otra vez al buzo no afectado a la mezcla 50/50 para completar la descompresión. El buzo standby debe mantener abiertas las vías aéreas del buzo afectado durante el ascenso. En la superficie, el buzo afectado debe recibir cualquier apoyo necesario para las vías aéreas e inmediatamente ser recomprimido y

tratado para embolismo gaseoso arterial y descompresión omitida de acuerdo con la Figura 20-1.

14-4.9

Síntomas de Toxicidad por Oxígeno del SNC (No Convulsivos) en las Paradas en el Agua a 50 y 40 pam. Es muy improbable que un buzo desarrolle síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC mientras respira 50% helio 50% oxígeno en las paradas en el agua a 50 y 40 pam. Los síntomas son mucho más probables si el buzo está respirando oxígeno 100%, de acuerdo con el párrafo 14-4.3. Si el buzo experimenta síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC a 50 ó 40 pam mientras respira 50% helio 50% oxígeno u oxígeno al 100%, tome las siguientes acciones:

1. Traiga a los buzos 10 pam arriba y cambie a aire para reducir la presión parcial de oxígeno. Cambie la consola mientras los buzos ascienden a la parada menos profunda.
2. Ventile ambos buzos una vez arribando a la parada menos profunda. Ventile al buzo afectado primero.
3. Permanezca con aire en la parada menos profunda por el doble del tiempo perdido de las paradas en el agua de 50 y 40 pam, entonces descomprima en superficie al buzo de acuerdo con el párrafo 14-3.11. Si el buzo estuvo con oxígeno 100% de acuerdo con el párrafo 14-4.3, triplique el tiempo perdido de las paradas en el agua de 50 y 40 pam, entonces descomprima en superficie.

Ejemplo: Un buzo con 50% helio 50% oxígeno experimenta un síntoma por oxígeno cinco minutos dentro de sus 10 minutos de la parada a 50 pam. Inmediatamente asciende a 40 pam y empieza a respirar aire. La cédula de descompresión pide una parada de 10 minutos a 40 pam. El buzo perdió cinco minutos de helio-oxígeno a 50 pam y perderá 10 minutos más a 40 pam por virtud del hecho de que está con aire. El tiempo total de helio-oxígeno perdido es de 15 minutos. El buzo debe permanecer 30 minutos a 40 pam, entonces descomprimir en superficie.

Ejemplo: Un buzo con oxígeno 100% experimenta un síntoma por oxígeno cinco minutos dentro de sus 10 minutos de la parada a 40 pam. Inmediatamente asciende a 30 pam y empieza a respirar aire. El tiempo de oxígeno perdido a 40 pam es de 5 minutos. El buzo debe permanecer con aire 15 minutos a 30 pam, entonces descomprimir en superficie.

4. Si la descompresión en superficie no es factible, continúe la descompresión en el agua con aire u oxígeno, dependiendo de la condición del buzo.
 - Para continuar con oxígeno, ascienda a 30 pam (o permanezca a 30 pam si ya está allí). Tome un periodo de 10 minutos con aire (el tiempo con aire no cuenta para la descompresión). Entonces cambie al buzo a oxígeno y complete la descompresión en el agua de acuerdo a la cédula.
 - Para continuar con aire, ascienda a 30 pam (o permanezca a 30 pam si ya está allí). Calcule los tiempos de parada con aire remanentes a 30 y 20 pam triplicando el tiempo de oxígeno dado en la cédula original. Sale a superficie una vez completada la parada a 20 pam.
 - Alternativamente, el buzo puede completar la parada a 30 pam con aire triplicando el tiempo de la parada con oxígeno, entonces cambie a oxígeno una vez que arribe a 20 pam. Permanezca en 20 pam por el tiempo de oxígeno indicado en la cédula original. Sale a superficie una vez completada la parada a 20 pam.

14-4.10 Convulsiones por Oxígeno en las Paradas en el Agua a 50 y 40 pam. Si los síntomas de toxicidad por oxígeno avanzan a una convulsión a pesar de las medidas descritas arriba, o si ocurre una convulsión repentina sin aviso a 50 ó 40 pam, tome las siguientes acciones:

1. Cambie a ambos buzos a aire si esta acción no ha sido tomada ya. Tenga al buzo no afectado ventilándose el mismo y entonces ventilando al buzo afectado.
2. Siga las guías dadas en el [párrafo 14-4.8](#) para estabilizar al buzo afectado y determinar si está respirando. Si el buzo está respirando, manténgalo a la profundidad actual hasta que esté estable, entonces tome una de las siguientes acciones:
 - Si el buzo perdió tiempo de descompresión con helio-oxígeno u oxígeno a 50 pam, mantenga al buzo a profundidad hasta que el tiempo total pasado con aire sea al menos el doble del tiempo perdido con helio-oxígeno, entonces descomprima en superficie de acuerdo con el [párrafo 14-3.11](#). Si el buzo estuvo con oxígeno 100% de acuerdo con el [párrafo 14-4.3](#), permanezca a profundidad hasta que el tiempo total pasado con aire sea al menos el triple del tiempo perdido con oxígeno, entonces descomprima en superficie. En los dos casos, añada el tiempo de la parada en el agua a 40 pam al tiempo de la parada con oxígeno en la cámara a 50 pam.
 - Si el buzo no perdió ningún tiempo de descompresión con helio-oxígeno u oxígeno a 50 pam, descomprima en superficie de acuerdo con el [párrafo 14-3.11](#). Añada cualquier tiempo perdido de oxígeno o helio-oxígeno a 40 pam al tiempo de la parada con oxígeno en la cámara a 50 pam.
3. Si la descompresión en superficie no es factible, complete la descompresión en el agua con aire. Calcule los tiempos de parada remanentes con aire duplicando el tiempo remanente de helio-oxígeno, o triplicando el tiempo de oxígeno remanente de cada parada.
4. Si el buzo no está respirando, saque al buzo a superficie a 30 pam/min mientras se mantiene las vías aéreas abiertas. Trate al buzo por embolismo gaseoso arterial ([Figura 20-1](#)).

14-4.11 Síntomas de Toxicidad por Oxígeno del SNC (No Convulsivos) en las Paradas en el Agua a 30 y 20 pam. Si el buzo desarrolla síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC en las paradas en el agua a 30 ó 20 pam, tome las siguientes acciones:

1. Si está disponible una cámara de recompresión en la estación de buceo, inicie descompresión en superficie. Cambie la consola a aire durante el ascenso a la superficie. Una vez en la cámara, tome el número total de períodos de oxígeno en la cámara prescritos en las tablas. A diferencia del buceo con aire, no se permite crédito por el tiempo ya pasado con oxígeno en el agua.
2. Si no está disponible una cámara de recompresión en la estación de buceo y el evento ocurre a 30 pam, suba a los buzos 10 pam y cambie a aire para reducir la presión parcial de oxígeno. Cambie la consola conforme los buzos están ascendiendo a 20 pam. Ventile a ambos buzos con aire una vez arribando a 20 pam. Ventile al buzo afectado primero. Complete la descompresión en el agua a 20 pam con aire. Calcule los tiempos de parada requeridos con aire a 20 pam triplicando la suma del tiempo de oxígeno perdido en 30 y 20 pam.
3. Si no está disponible una cámara de recompresión en la estación de buceo y el evento ocurre a 20 pam, cambie la consola a aire, ventile a ambos buzos, el buzo afectado

primero, y complete la descompresión en el agua a 20 pam con aire. Calcule el tiempo con aire requerido a 20 pam triplicando el tiempo con oxígeno perdido a 20 pam.

14-4.12 Convulsiones por Oxígeno en las Paradas en el Agua a 30 y 20 pam. Si los síntomas avanzan a una convulsión por oxígeno a pesar de las medidas de arriba, se está desarrollando una emergencia grave, y deben tomarse las siguientes acciones:

1. Cambie a ambos buzos a aire y siga las guías dadas en el [párrafo 14-4.8](#) para estabilizar al buzo y determinar si está respirando.
2. Si el buzo está respirando, manténgalo a profundidad hasta que esté estable, entonces descomprimalo en superficie.
3. Si la descompresión en superficie no es factible, ventile a ambos buzos con aire y complete la descompresión en el agua con aire. Calcule los tiempos de parada remanentes con aire triplicando el tiempo remanente de oxígeno en cada parada. Vea el [párrafo 14-4.4](#) por un ejemplo.
4. Si el buzo no está respirando, saque al buzo a superficie a 30 pam/minuto mientras mantiene las vías aéreas abiertas y trátelo por embolismo gaseoso arterial ([Figura 20-1](#)).

14-4.13 Síntomas de Toxicidad por Oxígeno en la Cámara. A los primeros signos de toxicidad por oxígeno del SNC, se le debe remover el oxígeno al paciente y permitirle respirar aire de la cámara. Quince minutos después de que todos los síntomas han remitido completamente, reanude la respiración con oxígeno en el punto de interrupción. Si los síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC se desarrollan otra vez o si el primer síntoma es una convulsión, tome las siguientes acciones:

1. Quite la mascarilla.
2. Despues de que todos los síntomas han remitido completamente, descomprima 10 pies a una velocidad de 1 pam/min. Para una convulsión, empiece a subir cuando el paciente esté completamente relajado y respirando normalmente.
3. Reanude la respiración con oxígeno a la profundidad menor en el punto de interrupción.
4. Si ocurre otro síntoma por oxígeno, complete la descompresión en la cámara con aire. Siga las guías dadas en el [párrafo 14-4.5](#) por pérdida permanente de suministro de oxígeno a la cámara para calcular la cédula de descompresión con aire.

14-4.14 Intervalo en Superficie Mayor a 5 Minutos. Si el tiempo desde dejar 40 pam en el agua al tiempo a arribar a 50 pam en la cámara durante la descompresión en superficie excede 5 minutos, tome las siguientes acciones:

1. Si el intervalo en superficie es menor que o igual a 7 minutos, añada un medio periodo de oxígeno al número total de periodos requeridos en la cámara, incrementando el tiempo con oxígeno a 50 pam de 15 a 30 minutos. Ascienda a 40 pam durante el subsecuente rompimiento con aire. La penalización de 15 minutos es considerada una parte del procedimiento de descompresión en superficie normal, no un procedimiento de emergencia.
2. Si el intervalo en superficie es mayor que 7 minutos, continúe la compresión a una profundidad de 60 pam. Trate a los buzos con [Tabla de Tratamiento 5](#) si la cédula original requirió 2 o menos periodos con oxígeno en la cámara. Trate a los buzos con [Tabla de Tratamiento 6](#) si la cédula original requirió 3 ó más periodos con oxígeno en la cámara.

3. En raras ocasiones un buzo puede no ser capaz de alcanzar los 50 pam en la cámara debido a dificultad para igualar la presión en el oído medio. En esta situación, puede utilizarse un procedimiento alternativo para descompresión en superficie con oxígeno. Comprima al buzo a la profundidad más profunda que él pueda alcanzar inicialmente. Esta generalmente es menor que 20 pam. Inicie la respiración con oxígeno a esta profundidad. Una vez que la respiración con oxígeno ha comenzado, intente comprimir gradualmente al buzo a 30 pam. Si la descompresión en superficie inició mientras el buzo estaba en descompresión con oxígeno en el agua a 20 pam, intente comprimir gradualmente al buzo a 20 pam. En cualquier caso, duplique el número de periodos con oxígeno en la cámara indicados en la tabla y tenga al buzo tomando estos períodos en cualquiera que sea la profundidad que él fue capaz de alcanzar. El tiempo con oxígeno inicia cuando el buzo va inicialmente con oxígeno. Interrumpa la respiración con oxígeno cada 60 minutos con un rompimiento de aire de 15 minutos. El rompimiento con aire no cuenta para el tiempo total de oxígeno. Una vez completados los períodos de respiración con oxígeno saque al buzo a superficie a 30 pam/min. Observe cuidadosamente al buzo posterior al buceo por la instalación de enfermedad de descompresión. Este procedimiento “manera de salir seguro” no se intenta para ser utilizado en lugar de los procedimientos de descompresión en superficie normales. Los buceos repetitivos no están permitidos después de un buceo en donde se utilizó el procedimiento “manera de salir seguro”.

- 14-4.15 Descompresión Omitida Asintomática.** Ciertas emergencias pueden interrumpir o impedir la descompresión requerida. Salida a superficie inesperada, suministro de gas agotado y lesión corporal, son ejemplos de tales emergencias. La [Tabla 14-2](#) muestra las etapas de manejo inicial para ser tomadas cuando el buzo tiene un ascenso descontrolado.
- 14-4.15.1 Descompresión Omitida desde una Profundidad Mayor que 50 pam.** Una descompresión omitida desde una profundidad mayor que 50 pam, cuando más de 60 minutos de descompresión se han perdido, es una emergencia extrema. El buzo debe ser regresado tan rápido como sea posible a la profundidad total del buceo o a la mayor profundidad a la que la cámara sea capaz, cualquiera que sea menos profundo.
- 14-4.15.1.1 Para Sistemas sin Saturación.** Para sistemas sin saturación, se debe comprimir al buzo rápidamente con aire a la profundidad del buceo o a 225 pies, lo cual sea menor. Para compresiones más profundas que 165 pies, permanezca a profundidad por 30 minutos. Para compresiones a 165 pam y menos profundas, permanezca en la profundidad por un mínimo de 2 horas. Descomprima con la [Tabla de Tratamiento 8](#). Cuando sea más profundo que 165 pies, si está disponible, puede respirarse por mascarilla para reducir la narcosis, una mezcla de helio-oxígeno con 16 a 21 por ciento de oxígeno.
- 14-4.15.1.2 Para Sistemas de Saturación.** Para sistemas de saturación, el buzo debe ser comprimido rápidamente con aire a 60 pam, seguido por compresión con helio puro hasta la profundidad total del buceo, o más profundo si lo garantiza la instalación de los síntomas. El buzo respira 84% helio/16% oxígeno por mascarilla durante la compresión (si es posible) para evitar la posibilidad de hipoxia como resultado de una bolsa de gas en la cámara. Una vez en la profundidad de saturación, la cantidad de tiempo empleado puede ser dictado por las circunstancias del buzo, pero no debe ser menor de 2 horas. Durante estas 2 horas, debe ser administrado gas de tratamiento al buzo, como se señala en el [Capítulo 15, párrafo 15-23.8.2](#). La presión parcial de oxígeno de la cámara debe permitirse que caiga pasivamente a 0.44-0.48 ata. Inicie la descompresión de saturación sin una excursión ascendente.
- 14-4.16 Descompresión Omitida Sintomática.** Si el buzo desarrolla síntomas de enfermedad de descompresión o embolismo gaseoso antes de que la recompresión por descompresión omitida pueda realizarse, es esencial el tratamiento inmediato utilizando la apropiada tabla de recompresión con oxígeno o aire. La guía para la selección y uso de la tabla está dada en el [Capítulo 20](#). Si la profundidad de la parada omitida más profunda fue mayor que 50 pam y

más de 60 minutos de descompresión han sido perdidos, use la [Tabla de Tratamiento 8](#) ([Figura 20-10](#)) o es indicado el tratamiento de saturación. Ver la [Tabla de Tratamiento 4](#) y [Tabla de Tratamiento 7](#) USN ([Capítulo 20](#)) por la guía sobre respiración con oxígeno.

En todos los casos de ascenso descontrolado profundo, los servicios de un Oficial Médico de Buceo serán solicitados en el momento más temprano posible.

Tabla 14-2. Manejo de la Descompresión Omitida Asintomática.

Parada de Descompresión Omitida Más Profunda	Estado de la Descompresión	Intervalo en Superficie (Nota 1)	ACCIÓN
Ninguna	No-D	Cualquiera	Observe en superficie por una hora.
20 ó 30 pam	Paradas Requeridas	Menos de 1 minuto	Retorne a la profundidad de la parada. Incremente el tiempo de la parada en 1 min. Reanude la descompresión de acuerdo a la cédula original.
		1-7 min	Use el Procedimiento de Descompresión en Superficie (Nota 2)
		Mayor que 7 min	Tabla de Tratamiento 5 si 2 o menos periodos SurDO ₂ Tabla de Tratamiento 6 si 3 o más periodos SurDO ₂
40 ó 50 pam	Paradas requeridas.	Cualquiera	Tabla de Tratamiento 6
Más profundo que 50 pam	Paradas requeridas: Menos de 60 minutos perdidos.	Cualquiera	Tabla de Tratamiento 6A
	Paradas Requeridas: Más de 60 minutos perdidos	Cualquiera	Comprima a la profundidad del buceo no excediendo 225 pam. Use Tabla de Tratamiento 8 . Para sistemas de saturación: Comprima a la profundidad del buceo. Sature 2 horas. Use la descompresión de saturación sin una excursión ascendente inicial.
Notas: 1. Intervalo en superficie es el tiempo desde que deja la parada a arribar a la profundidad en la cámara. 2. Para intervalos en superficie mayores que 5 minutos pero menos que o igual a 7 minutos, incremente el tiempo de oxígeno a 50 pam de 15 a 30 minutos.			

14-4.17

Buzo Aturdido o Mareado en el Fondo. Mareo es un término común utilizado para describir un número de sensaciones, incluyendo aturdimiento, inestabilidad, vértigo (una sensación de rotación), o la sensación de que uno puede desmayarse. Hay un número de causas potenciales de mareo en el buceo con suministro desde superficie, incluyendo hipoxia, un suministro de gas contaminado con gases tóxicos, tal como metilcloroformo, y trauma al oído interno causado por dificultad para igualar los oídos. A los bajos niveles de porcentaje de oxígeno especificado para el buceo con suministro desde superficie, la toxicidad por oxígeno es una causa poco probable a menos que haya sido suministrado al buzo el gas equivocado.

- 14-4.17.1** **Manejo Inicial.** El primer paso a tomar es hacer que el buzo pare de trabajar y ventile el equipo mientras en superficie se verifica el contenido de oxígeno del suministro de gas. Estas acciones eliminarán la hipoxia e hipercapnia como causa. Si la ventilación no mejora los síntomas, la causa puede ser un suministro de gas contaminado. Cambie el banco al suministro de helio-oxígeno alterno y continúe la ventilación. Si la condición se aclara, aísle el banco contaminado para futuro análisis y aborte el buceo con el suministro de gas alterno. Si se sospecha de todo el suministro de gas, ponga al buzo con el SGE y aborte el buceo. Siga la guía del [párrafo 14-4.2](#) para el ascenso.
- 14-4.17.2** **Vértigo.** El vértigo debido a problemas de oído interno no responderá a la ventilación y de hecho puede empeorar. Sin embargo, una forma de vértigo, el vértigo alternobárico, puede ser tan efímero que desaparecerá durante la ventilación. El vértigo alternobárico normalmente ocurrirá justo al llegar el buzo al fondo y frecuentemente puede ser relacionado a una dificultad de aclaración del oído. Sería inusual para vértigo alternobárico que ocurra después de que el buzo ha estado en el fondo por más de 5 minutos. El vértigo de larga duración debido a barotrauma de oído interno no responderá a la ventilación y será acompañado por una intensa sensación de rotación y náusea marcada. También, es usualmente acompañado por una historia de dificultad para igualar durante el descenso. Estos síntomas característicos pueden permitir hacer el diagnóstico. Una amplia variedad de condiciones médicas ordinarias pueden también conducir a mareo. Estas condiciones pueden ocurrir mientras el buzo está en el fondo. Si los síntomas de mareo no son aclarados por la ventilación y/o el cambio a suministros de gas alternos, haga que el compañero de buceo o el buzo standby asista al buzo(s) y aborte el buceo.
- 14-4.18** **Buzo Inconsciente en el Fondo.** Un buzo inconsciente en el fondo constituye una emergencia grave. Aquí solo puede darse una guía general. Las decisiones de manejo deben hacerse en el sitio, tomando en cuenta todos los factores conocidos. La consulta con un Oficial Medico de Buceo será obtenida en el momento más temprano posible.
- Si el buzo llega a estar inconsciente en el fondo:
- 1.** Asegúrese que el medio respirable es el adecuado y que el buzo está respirando. Verifique la presión en la consola y el porcentaje de oxígeno.
 - 2.** Verifique el estado de los otros buzos.
 - 3.** Haga que el compañero de buceo o el buzo standby ventile al buzo afectado para remover el dióxido de carbono acumulado en el casco y asegurar la concentración de oxígeno correcta.
 - 4.** Si hay alguna razón para sospechar de contaminación del gas, cambie al suministro de helio-oxígeno alterno y ventile a ambos buzos, ventilando al buzo no afectado primero.
 - 5.** Cuando la ventilación se complete, haga que el compañero de buceo o buzo standby compruebe si el buzo está respirando. La presencia o ausencia de sonidos respiratorios serán audible sobre la comunicación.
 - 6.** Si el buzo parece que no está respirando, el compañero de buceo/buzo standby debe intentar posicionar la cabeza del buzo para abrir las vías aéreas. La obstrucción de las vías aéreas será la razón más común de porque un buzo inconsciente deja de respirar.
 - 7.** Verifique al buzo afectado por signos de conciencia.
 - Si el buzo ha recuperado la conciencia, permita un corto periodo para estabilización y entonces aborte el buceo.

- Si el buzo permanece sin responder pero está respirando, haga que el compañero de buceo o buzo standby mueva al buzo afectado a la canastilla. Esta acción no necesita ser precipitada.

- Si el buzo parece no estar respirando, mantenga las vías aéreas abiertas mientras se mueve al buzo rápidamente a la canastilla.

8. Una vez que el buzo está en la canastilla, observe otra vez brevemente por el retorno de la conciencia.

- Si la conciencia retorna, permita un periodo para estabilización, entonces inicie la descompresión.

- Si la conciencia no retorna, lleve al buzo a la primera parada de descompresión a una velocidad de 30 pam/min (o a la superficie si el buzo está en un estado de no-descompresión).

9. En la primer parada de descompresión:

- Si la conciencia retorna, descomprima al buzo con la cédula de descompresión estándar utilizando descompresión en superficie.

- Si el buzo permanece inconsciente pero está respirando, descomprima con la cédula de descompresión estándar utilizando descompresión en superficie.

- Si el buzo permanece inconsciente y la respiración no puede ser detectada a pesar de repetidos intentos para posicionar la cabeza y abrir las vías aéreas, existe una emergencia extrema. Uno debe valorar el riesgo de catastrófica o aún fatal, enfermedad de descompresión si el buzo es traído a la superficie, contra el riesgo de asfixia si el buzo permanece en el agua. Como una regla general, si hay cualquier duda acerca del estado de la respiración del buzo, asuma que él está respirando y continúe la descompresión normal en el agua. Si se está absolutamente seguro que el buzo no está respirando, deje al buzo no afectado en su primer parada de descompresión para completar la descompresión y saque al buzo afectado a superficie a 30 pam/min, desplegado al buzo standby como se requiera. Recomprima al buzo inmediatamente y trate por descompresión omitida de acuerdo a la [Tabla 14-2](#).

14-4.19 **Enfermedad de Descompresión en el Agua.** Puede desarrollarse enfermedad de descompresión en el agua durante el buceo con suministro desde superficie. Esta posibilidad es una de las principales razones para limitar los buceos a 300 pam y permitir exposiciones excepcionales solamente bajo circunstancias de emergencia. Los síntomas de enfermedad de descompresión pueden ser dolor articular o manifestaciones más graves tales como parálisis, perdida de la función muscular o vértigo.

El manejo de la enfermedad de descompresión en el agua será difícil bajo la mejor de las circunstancias. Solamente pueden presentarse aquí las guías generales. Las decisiones de manejo deben hacerse en el sitio tomando en cuenta todos los factores conocidos. La consulta con un Oficial Medico de Buceo debe obtenerse en el momento más temprano posible.

14-4.19.1 **Enfermedad de Descompresión a Mayor Profundidad que 30 pam.** Si los síntomas de enfermedad de descompresión ocurren a mayor profundidad que 30 pam, recomprima al buzo 10 pam. El buzo puede permanecer con 50% helio 50% oxígeno durante la recompresión desde 90 a 100 pam. Permanezca en la parada más profunda por 1.5 veces el tiempo de la parada marcado en la tabla de descompresión. Si no hay tiempo de parada indicado en la tabla, use el tiempo de la parada próxima menos profunda para hacer el

cálculo. Si los síntomas se resuelven o estabilizan a un nivel aceptable, descomprima al buzo hasta la parada en el agua a 40 pam multiplicando cada tiempo de parada intermedia por 1.5 veces o más como sea necesario para controlar los síntomas. Cambie a 50% helio 50% oxígeno a 90 pam si el buzo no está ya con esta mezcla. Cambie a 100% oxígeno a 40 pam y complete una parada de 30 minutos, entonces descomprima en superficie y trate con [Tabla de Tratamiento 6](#). Si durante este escenario, los síntomas empeoran al punto que no es más práctico para el buzo permanecer en el agua, saque al buzo a superficie y siga las guías para descompresión omitida sintomática señaladas en el [Capítulo 20](#).

- 14-4.19.2 Enfermedad de Descompresión a 30 pam y Menos Profundo.** Si ocurren síntomas de enfermedad de descompresión a 30 pam o menos profundo, permanezca con oxígeno y recomprima al buzo 10 pam. Permanezca en la parada más profunda 30 minutos. Si los síntomas se resuelven, descomprima en superficie al buzo al final del periodo de 30 minutos y trate con [Tabla de Tratamiento 6](#). Si los síntomas no se resuelven, pero se estabilizan a un nivel aceptable, descomprima al buzo a superficie con oxígeno multiplicando cada parada intermedia por 1.5 o más como sea necesario para controlar los síntomas. Trate con [Tabla de Tratamiento 6](#) una vez que alcance la superficie. Si durante este escenario, los síntomas empeoran al punto que no es más práctico para el buzo permanecer en el agua, saque al buzo a superficie y siga las guías para el tratamiento de enfermedad de descompresión señaladas en el [Capítulo 20](#).

- 14-4.20 Enfermedad de Descompresión Durante el Intervalo en Superficie.** Si ocurren síntomas de enfermedad de descompresión Tipo I en el ascenso desde 40 pam a superficie durante la descompresión en superficie o durante la fase de desvestido en superficie, comprima al buzo a 50 pam siguiendo el procedimiento de descompresión en superficie normal. Retrase el examen neurológico hasta que los buzos alcancen su parada a 50 pam y estén con oxígeno. Si los síntomas Tipo I se resuelven durante los 15 minutos en la parada a 50 pam, el intervalo en superficie fue de 5 minutos o menos, y no se encuentran signos neurológicos, incremente el tiempo de oxígeno a 50 pam de 15 a 30 minutos, entonces continúe la descompresión normal para la cédula del buceo. Ascienda de 50 a 40 pam durante el subsecuente rompimiento con aire.

Si los síntomas Tipo I no se resuelven durante los 15 minutos de la parada a 50 pam o los síntomas se resuelven pero el intervalo en superficie fue mayor que 15 minutos, comprima al buzo a 60 pam con oxígeno. Trate al buzo con [Tabla de Tratamiento 5](#) si la cédula original requirió 2 o menos periodos con oxígeno en la cámara. Trate al buzo con [Tabla de Tratamiento 6](#) si la cédula original requirió 3 o más periodos con oxígeno en la cámara. El tiempo de la Tabla de Tratamiento inicia una vez que arriba a 60 pam. Siga las guías para tratamiento de enfermedad de descompresión dadas en el [Capítulo 20](#).

Si ocurren síntomas de enfermedad de descompresión Tipo II durante el ascenso desde 40 pam a la superficie, durante la fase de desvestido en superficie o el examen neurológico a 50 pam es anormal, comprima al buzo a 60 pam con oxígeno. Trate al buzo con [Tabla de Tratamiento 6](#). EL tiempo de la Tabla de Tratamiento inicia una vez arribando a 60 pam. Siga las guías para tratamiento de enfermedad de descompresión dadas en el [Capítulo 20](#).

14-5 REGISTRO DE LOS BUCEOS CON HELIO OXÍGENO SUMINISTRADO DESDE SUPERFICIE.

El [Capítulo 5](#) proporciona información para mantener una Bitácora de Buceo del Comando, la bitácora de buceo personal y para reportar buceos individuales al Centro de Seguridad Naval. Además de estos registros, cada buceo con HeO₂ de la Marina será registrado en un reporte de buceo similar a la [Figura 14-1](#). El reporte de buceo es un medio apropiado de colectar los datos del buceo, los cuales en su momento, serán transcritos en la bitácora de buceo. Es también útil para completar un reporte de incidente para un accidente relacionado al buceo.

14-5.1 Reportando un Buceo con HeO₂. La Figura 14-1 es un Reporte de Buceo con HeO₂ en blanco. La Figura 14-2 es un ejemplo de un buceo con Descompresión en Superficie. La Figura 14-3 es un ejemplo de un buceo con Descompresión en el Agua. La Figura 14-4 es un ejemplo de un buceo con Descompresión en Superficie con una detención en el descenso y un retraso en el ascenso.

Cuando se registran tiempos en un formato de buceo con HeO₂, los tiempos serán registrados en formato de minutos y segundos. Sin embargo, el tiempo en el reloj, será registrado en horas y minutos. Todos los tiempos de ascenso serán redondeados al minuto próximo completo.

14-6 BUCEO A ALTITUD

Pueden realizarse buceos con helio-oxígeno suministrado desde superficie a altitud. Los procedimientos para medir la profundidad del agua, obtener la Profundidad Equivalente al Nivel del Mar y corregir la profundidad de las paradas de descompresión en el agua son idénticos a los procedimientos para el buceo con aire (ver Párrafo 9-13, Capítulo 9). Los procedimientos para realizar descompresión en superficie también son idénticos. Las profundidades de paradas en la cámara durante la descompresión en superficie no son ajustadas para la altitud. La Tabla 14-3 da el porcentaje de oxígeno permitido máximo y mínimo en la mezcla de fondo a cada profundidad. Cuando se bucea a altitud, debe usarse el porcentaje de oxígeno máximo y mínimo asociado con la profundidad real del buzo en lugar de su Profundidad Equivalente al Nivel del Mar. Hay dos diferencias importantes entre el buceo con helio-oxígeno y el buceo con aire a altitud:

- La Tabla 9-5 y la Figura 9-15 no pueden utilizarse para corregir el tiempo de fondo de un buzo que no está totalmente equilibrado a altitud. El buzo debe esperar 12 horas después de arribar a altitud antes de hacer el primer buceo.
- Los buceos repetitivos no están permitidos durante el buceo con helio oxígeno suministrado desde superficie a altitud. Después de un buceo de no-descompresión, el buzo debe esperar 12 horas antes de hacer otro buceo. Después de un buceo con descompresión, el buzo debe esperar 18 horas antes de hacer otro buceo. Se permite hacer un segundo buceo después de un aborto durante el descenso a profundidad de 100 pam o menos. Siga las guías dadas en el párrafo 14-3.6. Substituya la Profundidad Equivalente al Nivel del Mar máxima del buzo por la profundidad máxima del buzo cuando calcule la tabla y cédula para el segundo buceo.

Fecha:	Tipo de Buceo:		AIRE	HeO ₂	
Buzo 1:	Buzo 2:		Standby:		
Equipo: PSIG: %O ₂ :	Equipo: PSIG: %O ₂ :		Equipo: PSIG: %O ₂ :		
Supervisor:	Elaboró:		Mezcla de fondo:		
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO		TIEMPO/PROF.
DS ó 20 pam			Tiempo de descenso (agua)		
LLF			Profundidad de canastilla (pam)		
DF			Profundidad Máxima (pam)		
LL 1 ^{er} Parada			Tiempo Total de Fondo		
190 pam			Tabla/Cédula		
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)		
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)		
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada		
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación		
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)		
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)		
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)		
110 pam			Intervalo en Superficie SurD Total		
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)		
90 pam			DETENCIÓNES EN EL DESCENSO		
80 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA	
70 pam					
60 pam					
50 pam					
40 pam			RETRASOS EN EL ASCENSO		
30 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA	
20 pam					
LLS					
LLF CÁMARA					
50 pam cámara			PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS		
40 pam cámara			AIRE	<input type="checkbox"/> Descompresión con Aire en el agua <input type="checkbox"/> Descompresión Aire/O ₂ en el agua <input type="checkbox"/> SurDO ₂	
30 pam cámara			HeO ₂	<input type="checkbox"/> Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua <input type="checkbox"/> SurDO ₂	
LLS CÁMARA			GRUPO REPETITIVO:		
TTD	TTB				
Observaciones:					

Figura 14-1. Reporte de Buceo.

1210					
Fecha: 4 Sept. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂		
Buzo 1: NDC Credle	Buzo 2: ND1 Hopkins	Standby: NDC Fleming			
Equipo: MK 21 PSIG: 3000 %O ₂ : 16.2	Equipo: MK 21 PSIG: 3000 %O ₂ : 16.2	Equipo: MK 21 PSIG: 3000 %O ₂ : 16.2			
Supervisor: NDCM Boyd	Elaboró: EN2 Golden	Mezcla de fondo: 15.2			
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.	
DS ó 20 pam		0800	Tiempo de descenso (agua)	:04	
LLF		0804	Profundidad de canastilla (pam)	212	
DF		0839	Profundidad Máxima (pam)	222+4=226	
LL 1 ^{er} Parada		0834	Tiempo Total de Fondo	:39	
190 pam			Tabla/Cédula	230/40	
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:03::49	
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:03::24	
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	::25	
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación		
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	:01::03	
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)	:02::15	
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)	::58	
110 pam	:07	0850	Intervalo en Superficie SurD Total	:04::16	
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)	01::20	
90 pam	:03	0853	DETENCIÓNES EN EL DESCENSO		
80 pam	:07	0900	PROFUNDIDAD	PROBLEMA	
70 pam	:09	0909			
60 pam	:13	0922			
50 pam	:13	0935			
40 pam	:13	0948	RETRASOS EN EL ASCENSO		
30 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA	
20 pam					
LLS		0950			
LLF CÁMARA		0953			
50 pam cámara	:15	1008	PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS		
40 pam cámara	:15+:5+:30+:5+:30 :5+:30	1208	AIRE	Descompresión con Aire en el agua	
30 pam cámara				Descompresión Aire/O ₂ en el agua	
LLS CÁMARA		1210		SurDO ₂	
TTD	TTB				
3:31	4:10		HeO ₂	Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua	
				✓ SurDO ₂	
GRUPO REPETITIVO:					
Observaciones:					

Figura 14-2. Reporte de Buceo con HeO₂ Completado: Buceo con Descompresión en Superficie.

1139					
Fecha: 4 Sept. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂		
Buzo 1: NDC Allred	Buzo 2: ND1 Wittman		Standby: ND1 Schlabach		
Equipo: KM-37 PSIG: 2950 %O ₂ : 16.2	Equipo: KM-37 PSIG: 2950 %O ₂ : 16.2		Equipo: KM-37 PSIG: 2950 %O ₂ : 16.2		
Supervisor: NDCM Van Horn	Elaboró: NDC Parsons		Mezcla de fondo: 15.2		
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.	
DS ó 20 pam		0800	Tiempo de descenso (agua)	:04	
LLF		0804	Profundidad de canastilla (pam)	212	
DF		0839	Profundidad Máxima (pam)	222+4=226	
LL 1 ^{er} Parada		0834	Tiempo Total de Fondo	:39	
190 pam			Tabla/Cédula	230/40	
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:03::49	
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:03::24	
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	::25	
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación	:02	
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	::40	
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)		
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)		
110 pam	:07	0850	Intervalo en Superficie SurD Total		
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)		
90 pam	:03	0853	DETENCIÓNES EN EL DESCENSO		
80 pam	:07	0900	PROFUNDIDAD	PROBLEMA	
70 pam	:09	0909			
60 pam	:13	0922			
50 pam	:13	0935			
40 pam	:13	0948	RETRASOS EN EL ASCENSO		
30 pam	:2+:30+:5+:4	1029	PROFUNDIDAD	PROBLEMA	
20 pam	:26+:5+:30+:5+:8	1143			
LLS		1144			
LLF CÁMARA			PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS		
50 pam cámara			AIRE	Descompresión con Aire en el agua	
40 pam cámara				Descompresión Aire/O ₂ en el agua	
30 pam cámara				SurDO ₂	
LLS CÁMARA			HeO ₂	✓ Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua	
TTD	TTB			SurDO ₂	
3:05	3:44			GRUPO REPETITIVO:	
Observaciones:					

Figura 14-3. Reporte de Buceo con HeO₂ Completado: Buceo con Descompresión en el Agua.

1210					
Fecha: 4 Sept. 07	Tipo de Buceo:	AIRE	HeO ₂		
Buzo 1: ND2 Costin	Buzo 2: ND1 Hatter	Standby: NDC Keller			
Equipo: KM-37 PSIG: 2950 %O ₂ : 16.2	Equipo: KM-37 PSIG: 2950 %O ₂ : 16.2	Equipo: KM-37 PSIG: 2950 %O ₂ : 16.2			
Supervisor: NDCM Pratschner	Elaboró: ND2 Juarez	Mezcla de fondo: 15.2			
EVENTO	TIEMPO DE PARADA	HORARIO	EVENTO	TIEMPO/PROF.	
DS ó 20 pam		0800	Tiempo de descenso (agua)	:07	
LLF		0807	Profundidad de canastilla (pam)	212	
DF		0838	Profundidad Máxima (pam)	222+4=226	
LL 1 ^{er} Parada		0843	Tiempo Total de Fondo	:38 + :02 = :40	
190 pam			Tabla/Cédula	230/40 SurD	
180 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Real)	:04::47	
170 pam			Tiempo a 1 ^{er} Parada (Planeado)	:03::24	
160 pam			Retraso a 1 ^{er} Parada	:01::23	
150 pam			Tiempo de Viaje/Cambio/Ventilación		
140 pam			Tiempo Ascenso-Agua/SurD (Real)	:01::03	
130 pam			Tiempo de Desvestido-SurD (Real)	:02::05	
120 pam			Descenso en Cámara-SurD (Real)	:01::25	
110 pam	:07	0850	Intervalo en Superficie SurD Total	:04::33	
100 pam			Tiempo Ascenso-Cámara (Real)	01::20	
90 pam	:03	0853	DETENCIÓNES EN EL DESCENSO		
80 pam	:07	0900	PROFUNDIDAD	PROBLEMA	
70 pam	:09	0909	32'	Rojo – oído derecho	
60 pam	:13	0922			
50 pam	:13	0935			
40 pam	:13	0948	RETRASOS EN EL ASCENSO		
30 pam			PROFUNDIDAD	PROBLEMA	
20 pam			150'	Cable del winche (reparado)	
LLS		0950			
LLF CÁMARA		0953			
50 pam cámara	:15	1008	PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN USADOS		
40 pam cámara	:15+:5+:30+:5+:30 :5+:30	1208	AIRE	Descompresión con Aire en el agua	
30 pam cámara				Descompresión Aire/O ₂ en el agua	
LLS CÁMARA		1210	SurDO ₂	SurDO ₂	
TTD	TTB				
3:32	4:10		HeO ₂	Descompresión HeO ₂ /O ₂ en el agua	
				✓ SurDO ₂	
GRUPO REPETITIVO:					

Observaciones: 1. Retraso en el Ascenso. Añadido :02 al tiempo de fondo. No cambió la cédula.
 2. Buzo rojo tuvo problemas para igualar debido a la posición del compensador. TMB revisó los oídos después del buceo. No notó barotrauma.

Figura 14-4. Reporte de Buceo con HeO₂ Completado: Buceo con Descompresión en Superficie con detención en el Descenso y retraso en el Ascenso.

Tabla 14-3. Tabla de Descompreión con Helio-Oxígeno Suministrado Desde Superficie.
 (VELOCIDAD DE DESCENSO 75 PPM – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PPM)

Paradas de descompreión (pam)												Periodos de O ₂ en Cámara								
Profundidad (pam)	Tiempo de Fondo (min:seg)	Tiempo a 1 ^a . Parada (min:seg)	Tiempo de paradas (min) incluye tiempo de viaje, excepto la primera parada con HeO ₂ y la primera parada con O ₂																	
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20
60	10	2:00																		
	20	2:00																		
	30	2:00																		
	40	2:00																		
	60	0:40																		
	80	0:40																		
	100	0:40																		
	120	0:40																		
70	10	2:20																		
	20	2:20																		
	30	2:20																		
	40	1:00																		
	60	1:00																		
	80	1:00																		
	100	1:00																		
	120	1:00																		
80	10	2:40																		
	20	2:40																		
	25	2:40																		
	30	1:20																		
	40	1:20																		
	60	1:20																		
	80	1:20																		
	100	1:20																		
	120	1:20																		
90	10	3:00																		
	20	3:00																		
	30	1:40																		
	40	1:40																		
	60	1:40																		
	80	1:40																		
	100	1:40																		
	120	1:40																		

Tabla 14-3. Tabla de Descompresión con Helio-Oxígeno Suministrado Desde Superficie.
(VELOCIDAD DE DESCENSO 75 PPM – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PPM)

		Paradas de descompresión (pam)												Periodos de O ₂ en Cámara					
		Tiempo de paradas (min) incluye tiempo de viaje, excepto la primera parada con HeO ₂ y la primera parada con O ₂												100% O ₂					
Profundidad (pam)	Tiempo de Fondo (minseg)	TIEMPO DE FONDO												50% O ₂					
		190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20
100	10	3:20																	
	15	3:20																	
	20	2:00																	
	30	2:00																	
	40	2:00																	
	60	2:00																	
	80	2:00																	
	100	2:00																	
	120	2:00																	
110	10	2:20																	
	20	2:20																	
	30	2:20																	
	40	2:20																	
	60	2:20																	
	80	2:20																	
	100	2:20																	
	120	2:20																	
	Exposición Excepcional -																		
120	10	2:40																	
	20	2:40																	
	30	2:40																	
	40	2:40																	
	60	2:40																	
	80	2:40																	
	100	2:40																	
	120	2:40																	
	Exposición Excepcional -																		
130	10	2:40																	
	20	2:40																	
	30	2:40																	
	40	2:20																	
	60	2:20																	
	80	2:20																	
	100	2:20																	
	120	2:20																	
	Exposición Excepcional -																		

Tabla 14-3. Tabla de Descompresión con Helio-Oxígeno Suministrado Desde Superficie (Continuación)
 (VELOCIDAD DE DESCENSO 75 PPM – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PPM)

		MEZCLA DE FONDO												50% O ₂						100% O ₂	
Profundidad (pam)	Tiempo de Fondo (min:seg)	Tiempo de paradas (min) incluye tiempo de viaje, excepto la primera parada con HeO ₂ y la primera parada con O ₂												Periodos de O ₂ en Cámara							
		190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20		
140	10	3:00																		6	8
	20	3:00																		10	12
	30	3:00																		10	18
	40	2:40																		7	10
	60	2:40																		7	10
	80	2:40																		7	10
Exposición Excepcional																				7	10
	100	2:40																		7	10
	120	2:40																		7	11
																				35	66
150	10	3:20																		10	10
	20	3:00																		7	10
	30	3:00																		7	10
	40	3:00																		7	10
	60	3:00																		7	10
	80	3:00																		7	10
Exposición Excepcional																				7	10
	100	3:00																		7	13
	120	3:00																		9	16
																				16	36
																				66	4
160	10	3:20																		7	10
	20	3:20																		7	10
	30	3:20																		7	10
	40	3:20																		7	10
	60	3:00																		7	10
Exposición Excepcional																				7	13
	80	3:00																		9	16
	100	3:00																		16	36
	120	3:00																		66	5
																				66	4
170	10	3:20																		7	10
	20	3:20																		7	10
	30	3:20																		7	10
	40	3:20																		7	10
	60	3:20																		7	10
Exposición Excepcional																				7	10
	80	3:20																		9	14
	100	3:00																		14	14
	120	3:00																		35	66
																				66	4
																				66	5
																				66	5

Tabla 14-3. Tabla de Descompresión con Helio-Oxígeno Suministrado Desde Superficie (Continuación)
 (VELOCIDAD DE DESCENSO 75 PPM – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PPM)

		Paradas de descompresión (pam)												Periodos de O ₂ en Cámara						
Profundidad (pam)	Tiempo de Fondo (min:seg)	Tiempo a 1 ^a Parada (min:seg)	Tiempo de paradas (min) incluye tiempo de viaje, excepto la primera parada con HeO ₂ y la primera parada con O ₂												Periodos de O ₂ en Cámara					
			MEZCLA DE FONDO						50% O ₂						100% O ₂					
180	10	3:40								7	0	10	10	9	14	1				
	20	3:40								7	0	10	10	17	30	2				
	30	3:40								7	4	10	10	25	45	3				
	40	3:20								7	0	8	10	10	30	54	3			
	60	3:20								7	5	11	11	35	64	4				
Exposición Excepcional																				
	80	3:20								7	9	15	15	36	66	4				
	100	3:20								7	13	19	19	36	66	5				
	120	3:20								7	17	23	23	36	66	6				
190	10	4:00								7	0	10	10	10	15	1				
	20	3:40								7	0	2	10	10	19	34	2			
	30	3:40								7	0	7	10	10	26	46	3			
	40	3:40								7	4	9	10	10	31	56	3			
Exposición Excepcional																				
	60	3:40								7	9	13	13	34	62	4				
	80	3:20								7	3	13	18	18	36	66	5			
	100	3:20								7	6	16	21	21	36	66	6			
	120	3:20								7	8	20	23	23	36	66	7			
200	10	4:00								7	0	0	10	11	17	1				
	20	4:00								7	0	4	10	10	20	36	2			
	30	3:40								7	0	3	7	10	10	27	50	3		
	40	3:40								7	0	7	10	10	31	58	3			
Exposición Excepcional																				
	60	3:40								7	4	10	14	14	35	66	4			
	80	3:40								7	8	14	18	18	36	66	5			
	100	3:40								7	12	17	23	23	36	66	6			
	120	3:40								8	15	21	23	23	36	66	7			
210	10	4:20								7	0	0	10	12	19	1				
	20	4:00								7	0	1	6	10	22	38	2			
	30	4:00								7	0	6	7	10	29	53	3			
	40	4:00								7	3	9	10	10	33	60	3			
Exposición Excepcional																				
	60	3:40								7	0	9	11	17	35	66	5			
	80	3:40								7	3	11	15	20	20	36	66	6		
	100	3:40								7	6	14	19	23	23	36	66	7		
	120	3:40								7	8	18	23	23	36	66	7			

Tabla 14-3. Tabla de Descompresión con Hélio-Oxígeno Suministrado Desde Superficie (Continuación)
 (VELOCIDAD DE DESCENSO 75 PPM – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PPM)

Profundidad (pam)	Tiempo de Fondo (min:seg)	Tiempo a 1ª. Parada (min:seg)	Tiempo de paradas (min) incluye tiempo de viaje, excepto la primera parada con HeO ₂ y la primera parada con O ₂												Periodos de O ₂ en Cámara		
			TIEMPO DE FONDO														
			50% O ₂						100% O ₂								
220	10	4:40	7	0	2	10	10	10	13	20	1						
	20	4:20	7	0	3	7	10	10	10	23	41	3					
	30	4:20	7	2	6	9	10	10	10	30	54	3					
	40	4:00	7	0	6	9	11	11	11	34	62	4					
Exposición Excepcional																	
	60	4:00	7	4	9	12	18	18	18	36	66	5					
	80	4:00	7	8	12	17	21	21	21	36	66	6					
	100	4:00	7	12	15	20	23	23	23	36	66	7					
	120	4:00	8	14	19	23	23	23	23	36	66	8					
Max O₂=17.0%																	
Min O₂=10.0%																	
230	10	4:40	7	0	0	3	10	10	10	14	22	2					
	20	4:20	7	0	3	4	7	10	10	10	24	44	3				
	30	4:20	7	0	5	7	10	10	10	31	57	3					
	40	4:00	7	0	3	7	9	13	13	34	64	4					
Exposición Excepcional																	
	60	4:00	7	0	8	10	14	18	18	36	66	6					
	80	4:00	7	3	10	14	18	23	23	36	66	7					
	100	4:00	7	6	12	17	23	23	23	36	66	8					
	120	4:00	7	16	19	23	23	23	23	36	66	8					
Max O₂=16.3%																	
Min O₂=10.0%																	
240	10	4:40	7	0	0	3	4	10	10	14	24	2					
	20	4:40	7	0	3	5	7	10	10	10	25	46	3				
	30	4:20	7	0	3	6	7	10	10	10	32	58	3				
	40	4:20	7	0	5	8	9	14	14	14	35	64	4				
Exposición Excepcional																	
	60	4:20	7	4	8	11	14	19	19	36	66	6					
	80	4:20	7	11	16	18	23	23	23	36	66	7					
	100	4:20	7	10	14	19	23	23	23	36	66	8					
	120	4:00	7	12	17	19	23	23	23	36	66	8					
Max O₂=15.7% <td data-kind="ghost"></td>																	
Min O₂=10.0%																	
250	10	5:00	7	0	0	3	4	10	10	15	25	2					
	20	4:40	7	0	3	7	7	10	10	10	26	47	3				
	30	4:40	7	0	4	6	8	10	10	10	32	60	4				
	40	4:40	7	2	5	9	9	14	14	14	35	64	4				
Exposición Excepcional																	
	60	4:20	7	0	7	9	12	16	21	21	36	66	6				
	80	4:20	7	3	9	13	15	21	23	23	36	66	7				
	100	4:20	7	6	11	14	19	23	23	23	36	66	8				
	120	4:20	7	8	13	20	23	23	23	36	66	8					

Tabla 14-3. Tabla de Descompresión con Helio-Oxígeno Suministrado Desde Superficie (Continuación)
 (VELOCIDAD DE DESCENSO 75 PPM – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PPM)

Profundidad (pam)		Tiempo de paradas (min), incluye tiempo de viaje, excepto la primera parada con HeO ₂ y la primera parada con O ₂												Periodos de O ₂ en Cámaras					
		MEZCLA DE FONDO				50% O ₂				100% O ₂									
		190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20
260	10	5:00							7	0	0	0	4	4	10	10	16	27	2
	20	5:00							7	0	3	4	6	7	10	10	27	50	3
	30	4:40							7	0	2	5	6	9	10	10	33	62	4
	40	4:40							7	0	3	8	9	10	15	15	35	64	5
	Exposición Excepcional																		
	60	4:40							7	3	7	10	14	16	21	21	36	66	6
	80	4:40							7	6	10	13	17	23	23	23	36	66	7
	100	4:20							7	2	9	13	16	20	23	23	36	66	8
	120	4:20							7	4	11	14	19	20	23	23	36	66	8
	Exposición Excepcional																		
270	10	5:20							7	0	0	0	3	3	4	10	10	17	28
	20	5:00							7	0	0	3	6	6	8	10	10	29	52
	30	5:00							7	0	3	6	6	9	13	13	34	62	4
	Exposición Excepcional																		
	40	5:00							7	0	2	5	8	8	12	16	16	35	66
	60	4:40							7	0	6	8	10	14	19	23	23	36	66
	80	4:40							7	3	8	11	14	17	23	23	36	66	7
	100	4:40							7	5	11	13	16	20	23	23	36	66	8
	120	4:40							7	8	12	16	19	20	23	23	36	66	8
	Exposición Excepcional																		
280	10	5:40							7	0	0	0	3	3	4	10	10	18	31
	20	5:20							7	0	0	4	6	7	7	10	10	30	54
	30	5:00							7	0	1	5	5	9	9	12	12	35	64
	Exposición Excepcional																		
	40	5:00							7	0	4	6	8	9	12	17	17	35	66
	60	5:00							7	4	6	8	12	15	18	23	23	36	66
	80	4:40							7	0	7	9	11	15	17	23	23	36	66
	100	4:40							7	2	9	11	15	20	23	23	36	66	8
	120	4:40							7	4	11	13	16	19	20	23	23	36	66
	Exposición Excepcional																		
290	10	5:40							7	0	0	0	4	3	4	10	10	19	33
	20	5:20							7	0	0	2	6	6	9	10	10	30	56
	30	5:20							7	0	2	5	5	9	9	14	14	34	63
	Exposición Excepcional																		
	40	5:20							7	0	5	7	8	11	13	17	17	35	66
	60	5:00							7	0	6	7	9	12	15	20	23	36	66
	80	5:00							7	2	8	10	12	16	19	23	23	36	66
	100	5:00							7	5	10	12	15	20	23	23	36	66	8
	120	5:00							7	8	11	16	19	20	23	23	36	66	8
	Exposición Excepcional																		

Tabla 14-3. Tabla de Descompresión con Helio-Oxígeno Suministrado Desde Superficie (Continuación)
 (VELOCIDAD DE DESCENSO 75 PPM – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PPM)

		Paradas de descompresión (pam)																		
Profundidad (pam)	Tiempo de Fondo (min:seg)	Tiempo a 1ª. Parada (min:seg)	TIEMPO DE FONDO												50% O ₂					
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20
300	10	6:00																		
	20	5:40																		
	30	5:40																		
	40	5:40																		
	60	5:20																		
	80	5:20																		
	100	5:20																		
	120	5:20																		
Exposición Excepcional																				
Max O ₂ =12.9% Min O ₂ =10.0%																				
310	10	6:00																		
	20	5:40																		
	30	5:40																		
	40	5:20																		
	60	5:20																		
	80	5:20																		
	100	5:20																		
	120	5:20																		
Exposición Excepcional																				
Max O ₂ =12.5% Min O ₂ =10.0%																				
320	10	6:20																		
	20	6:00																		
	30	5:40																		
	40	4:40																		
	60	5:20																		
	80	5:20																		
	100	5:20																		
	120	5:20																		
Exposición Excepcional																				
Max O ₂ =12.2% Min O ₂ =10.0%																				
330	10	6:20																		
	20	6:00																		
	30	6:00																		
	40	5:40																		
	60	5:40																		
	80	5:40																		
	100	5:40																		
	120	5:20																		
Exposición Excepcional																				
Max O ₂ =11.8% Min O ₂ =10.0%																				

Tabla 14-3. Tabla de Descompresión con Helio-Oxígeno Suministrado Desde Superficie (Continuación)
 (VELOCIDAD DE DESCENSO 75 PPM – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PPM)

Profundidad (pam)	Tiempo de Fondo (min:seg)	Tiempo a 1ª Parada (min:seg)	Paradas de descompresión (pam)												Periodos de O ₂ en Cámaras						
			Tiempo de paradas (min) incluye tiempo de viaje, excepto la primera parada con HeO ₂ y la primera parada con O ₂																		
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	
340																	100% O ₂				
10	6:40	Exposición Excepcional							7	0	0	0	3	3	4	7	10	10	23	41	
20	6:20							7	0	0	2	4	5	7	8	9	10	10	33	60	
30	6:00						7	0	0	3	5	6	8	9	13	18	18	35	66	6	
40	6:00						7	0	2	4	6	7	8	10	13	16	22	22	36	66	
50	5:40						7	0	3	5	6	9	10	13	16	18	21	23	36	66	
60	5:40						7	0	7	7	8	11	13	15	19	20	23	23	36	66	
80	5:40						7	2	8	8	12	13	16	17	19	20	23	23	36	66	
100	5:40						7	9	11	13	15	16	17	19	20	23	23	36	66	8	
120	5:40						7	4										36	66	8	
350																	100% O ₂				
10	6:40	Exposición Excepcional							7	0	0	0	2	2	3	3	5	7	10	10	24
20	6:20							7	0	0	4	4	5	5	7	9	13	13	33	63	
30	6:20							7	0	1	4	4	5	7	8	11	13	18	18	36	
40	6:00							7	0	1	3	5	6	7	8	11	14	17	23	36	
60	6:00							7	0	5	5	8	8	8	11	12	16	19	23	36	
80	6:00							7	2	7	7	10	11	13	17	19	20	23	23	36	
100	5:40							7	0	6	8	9	11	15	16	17	19	20	23	36	
120	5:40							7	1	7	9	12	14	15	16	17	19	20	23	36	
360																	100% O ₂				
10	7:00	Exposición Excepcional							7	0	0	0	2	2	3	3	7	7	10	10	25
20	6:40								7	0	0	2	3	4	5	5	8	10	13	13	34
30	6:20								7	0	0	3	3	5	6	7	8	11	13	19	36
40	6:20								7	0	2	4	5	7	7	9	10	14	20	23	36
60	6:20								7	2	5	6	7	9	11	14	16	19	23	23	36
80	6:00								7	0	6	6	8	11	12	14	16	19	23	23	36
100	6:00								7	2	7	8	11	13	13	16	17	19	20	23	36
120	6:00								7	4	8	10	12	14	15	16	17	19	20	23	36

Tabla 14-3. Tabla de Descompresión con Helio-Oxígeno Suministrado Desde Superficie (Continuación)
 (VELOCIDAD DE DESCENSO 75 PPM – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PPM)

		Paradas de descompresión (pam)												Periodos de O ₂ en Cámara							
Profundidad (pam)	Tiempo de Fondo (min:seg)	Tiempo a 1 ^a . Parada (min:seg)	Tiempo de paradas (min) incluye tiempo de viaje, excepto la primera parada con HeO ₂ y la primera parada con O ₂												50% O ₂						
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	
370																					
Exposición Excepcional	10	7:00																			
	20	6:40																			
	30	6:20																			
	40	6:20																			
	60	6:20																			
	80	6:00																			
	100	6:00																			
	120	6:00																			
380																					
Exposición Excepcional	10	7:20																			
	20	7:00																			
	30	6:40																			
	40	6:40																			
	60	6:20																			
	80	6:20																			
	100	6:20																			
	120	6:20																			

CAPITULO 15

Buceo de Saturación

15-1 INTRODUCCION

- 15-1.1 **Objetivo.** El objetivo de este capítulo es el de familiarizar a los buzos con los sistemas de buceo de saturación y el equipo de buceo profundo de la Marina de E.U.
- 15-1.2 **Alcance.** El buceo de saturación es usado para salvamento o recuperación profunda, utilizando equipo o sistemas de buceo profundo de la Marina de E.U. Estos sistemas y equipos están diseñados para mantener personal a profundidades de 1000 pam por prolongados periodos de tiempo.

SECCION UNO – SISTEMAS DE BUCEO PROFUNDO

15-2 APPLICACIONES

El Sistema de Buceo Profundo (SBP) es una herramienta versátil en el buceo y sus aplicaciones son extensas. La mayoría de los sistemas actuales emplean una cámara de descompresión en cubierta (DDC) de compartimentos múltiples y una cápsula de transferencia de personal (PTC).

- **Buceo de No-Saturación.** El buceo de no-saturación puede ser realizado con la campana (PTC) presurizada a una profundidad planeada. Este modo de operación tiene limitado el tiempo real de aplicación y por lo tanto raramente es usado en la Marina de E.U.
- **Buceo de Saturación.** Los trabajos subacuáticos que requieran de un tiempo de fondo extenso (ej., grandes proyectos de construcción, rescate y salvamento submarino) se realizan mejor con un SBP en el modo de saturación.
- **Soporte Convencional de Buceo.** La cámara, como parte de un sistema de saturación, puede ser usada como una cámara de recompresión en apoyo de operaciones de buceo convencionales con suministro desde superficie.

15-3 COMPONENTES BASICOS DE UN SISTEMA DE BUCEO DE SATURACION

La configuración y el equipo específico que componen un sistema de buceo profundo varían grandemente con el tipo de misión para el que fue diseñado. Sin embargo, los sistemas modernos tienen componentes principales similares que realizan las mismas funciones sin importar su complejidad real. Los componentes principales incluyen una campana, el sistema de manejo de la campana y una cámara de descompresión en cubierta.

- 15-3.1 **Cápsula de Transferencia de Personal.** La campana ([Figura 15-1](#)) es un contenedor a presión sumergible, esférica, y que puede transportar a los buzos totalmente equipados, junto con las herramientas de trabajo y el equipo operacional asociado, desde la cubierta hasta la profundidad de trabajo designada.
- 15-3.1.1 **Suministro de Gas.** Durante las operaciones normales de buceo, el gas de respiración de los buzos y el gas de la campana es enviado desde la superficie a través de una manguera de suministro de gas. Además, todas las campanas llevan suministros de emergencia de oxígeno,

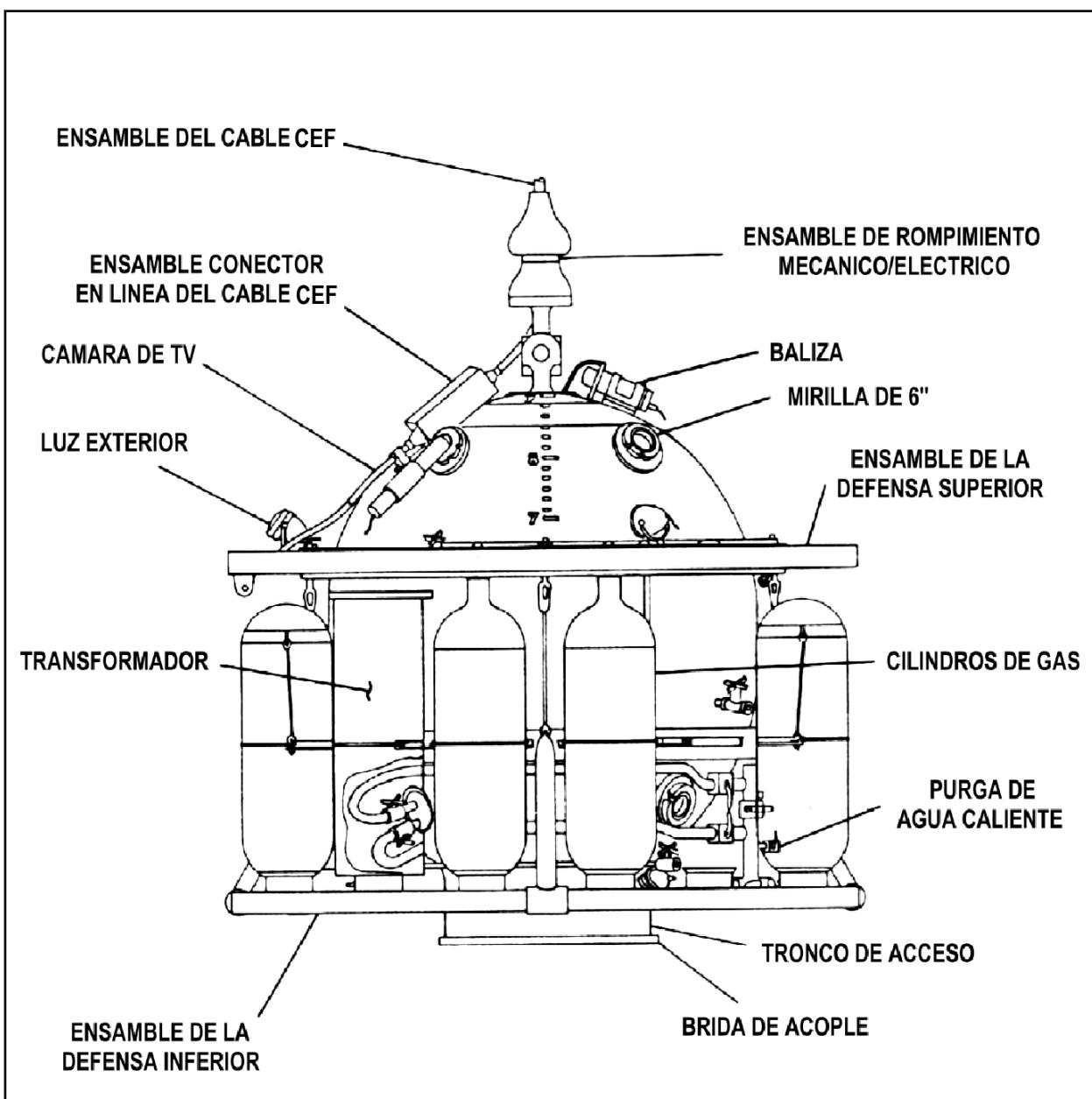


Figura 15-1. Exterior de la Cápsula de Transferencia de Personal Típica.

helio, y helio-oxígeno en bancos montados en el exterior. La presión interna de la campana, las presiones del suministro de gas y la profundidad de la campana son monitoreadas continuamente desde la campana.

El sistema típico de helio está diseñado para mantener la presurización de la campana y disminuir el oxígeno en todos los equipos eléctricos de la campana para disminuir cualquier riesgo de fuego.

El sistema de mezcla de gases helio-oxígeno consiste de un sistema de respiración integrado (SIRI [BIBS]) con válvulas, tuberías y conexiones asociadas. El sistema de mezcla suministra gas de respiración de respaldo al umbilical del buzo cuando el suministro desde la

superficie es interrumpido, y alimenta al SIRI si la atmósfera interna de la campana se contamina.

- 15-3.1.2 **Sistema de Presurización/Despresurización.** El sistema de suministro y escape de gas controla y regula la presión interna de la campana. La sobrepresurización de la campana se previene con válvulas de alivio y de purga manual, en caso de ruptura de una línea que cause que el banco se descargue totalmente en el interior. Se emplean válvulas de aguja para controlar la despresurización. Los profundímetros, calibrados en pies de agua de mar (pam), monitorean la profundidad interna y externa de la campana. También se cuenta con válvulas de igualación y purga para el tronco de acceso.
- 15-3.1.3 **Sistema de Soporte de Vida de la Campana.** Los equipos de soporte de vida para la campana incluyen depuradores de bióxido de carbono (scrubbers), suministro de gas para proveer oxígeno metabólico y analizadores de oxígeno y bióxido de carbono.
- 15-3.1.4 **Sistema Eléctrico.** El sistema eléctrico utiliza un distribuidor de voltaje múltiple, que puede ser usado para calefacción, iluminación interior y exterior, instrumentación y comunicación. La energía para la operación normal de la campana es suministrada desde la superficie y transmitida a través de los cables de comunicación y energía. Si la energía eléctrica suministrada desde superficie es interrumpida, una batería proporciona carga crítica como para el monitoreo de la atmósfera, el depurador de CO₂ y la comunicación.
- 15-3.1.5 **Sistema de Comunicación.** Un sistema de comunicación típico está dividido en cuatro sistemas individuales para asegurar una operación eficiente bajo una variedad de condiciones.
- **Sistema de Intercomunicación por Cable.** El sistema de intercomunicación es un sistema de voz amplificada que emplea un modulador de helio, el cual proporciona comunicación dentro de la campana y entre la Consola de Control Principal (CCP), buzos, el operador del winche en cubierta, Oficial de Cubierta y las DDCs.
 - **Equipo de Comunicación Inalámbrico Submarino (ECIS).** El ECIS es un sistema de emergencia inalámbrico que proporciona comunicación por voz entre la campana y el sistema de teléfono subacuático del barco de apoyo. El sistema ECIS es utilizado si fallan o son desconectados los cables de comunicación y energía.
 - **Círculo Cerrado de Televisión (CCTV).** El CCTV consiste de canales de video desde la campana hasta la CCP. Las cámaras normalmente están montadas en el exterior de la campana.
 - **Teléfonos Auto-generadores.** La campana está equipada con un sistema de teléfono generador de sonido para la comunicación con la CCP en caso de pérdida del sistema normal.
- 15-3.1.6 **Cables de Comunicación, Energía y Fuerza (CCEFs).** Los cables de comunicación, energía y fuerza típicos proporcionan energía eléctrica, comunicación alámbrica, señales de instrumentación, un miembro de fuerza y transmisión coaxial (señales de CCTV) entre la CCP y la campana.
- 15-3.1.7 **Umbilical Principal de la Campana.** El umbilical principal de la campana típico consiste de una manguera de gas de respiración, una manguera de agua caliente, un profundímetro y un cable de fuerza.
- 15-3.1.8 **Sistema de Agua Caliente del Buzo.** El agua caliente puede ser necesaria cuando se realizan buceos de saturación. El barco suministra agua caliente a través del umbilical

principal de la campana al traje del buzo y al calentador del gas de respiración. El operador de la campana monitorea la temperatura del agua y se asegura que el flujo es adecuado.

- 15-3.2** **Cámara de Descompresión en Cubierta (DDC).** Las cámaras proporcionan un medio ambiente seco para la realización de la descompresión y, si es necesario, la recompresión. La cámara es un recipiente a presión horizontal, de compartimentos múltiples, montada en la plataforma o barco de soporte. Cada cámara está equipada con instalaciones de vivienda, sanitario y de descanso para el equipo de buceo. Un compartimento de servicio se utiliza para el paso de comida, medicamentos y otros artículos entre la tripulación de buceo del interior de la cámara y el personal de soporte del exterior.
- 15-3.2.1** **Sistema de Soporte de Vida de la Cámara (SSV).** El sistema de soporte de vida de la DDC mantiene el medio ambiente de la cámara dentro de límites aceptables para la comodidad y seguridad de los buzos. El sistema típico consiste de control de temperatura y humedad, absorción de bióxido de carbono y equipo de monitoreo. El proceso consiste en filtración de las partículas de materia, removiendo el bióxido de carbono y olores, y controlando el calor y humedad.
- 15-3.2.2** **Sistema Sanitario.** El sistema sanitario consiste de suministro de agua caliente y fría para la operación del sanitario, regadera y lavabo. Los desechos se descargan en un tanque separado para su adecuada eliminación a través del sistema de colección y transferencia del barco.
- 15-3.2.3** **Sistema de Extinción de Fuego.** Todas las cámaras tienen provisiones contra incendio, desde extinguidores portátiles hasta la instalación de sistemas automáticos. Las DDCs y las cámaras de recompresión tienen similares riesgos de flamabilidad hiperbárica. Las fuentes de ignición y los materiales combustibles deben ser minimizadas durante el tiempo crítico de zona de fuego. (A la profundidad de operación de las campanas, la concentración de oxígeno no mantendrá la combustión, por eso en ellas no se cuenta con equipos contra incendio).
- 15-3.2.4** **Consola de Control Principal (CCP).** La CCP es un control central y área de monitoreo. La CCP controla el suministro de gas y el análisis de la atmósfera de la cámara, monitorea la atmósfera de la campana, los manómetros de presión de los bancos de gas, los relojes, los controles de los sistemas de comunicación, las grabadoras, los suministros de energía y los interruptores y monitores del CCTV de la cámara y campana.
- 15-3.2.5** **Mezcla y Almacenamiento del Suministro de Gas.** El suministro de gas de la cámara provee oxígeno, mezclas de helio-oxígeno, helio y aire para la presurización y soporte de vida del buzo. Cada compartimento tiene incorporado un sistema de respiración (SIRI), para la respiración de emergencia en atmósferas contaminadas, también para la administración de gas durante los tratamientos de recompresión. La presurización y despresurización normal de la cámara se hace desde la CCP. Cuenta con un medio de muestreo de la atmósfera interna para el monitoreo del bióxido de carbono y la presión parcial de oxígeno. Un sistema de adición de oxígeno mantiene la presión parcial de oxígeno en los niveles requeridos. Un sistema de alivio de presión previene la sobre-presurización de la cámara.
- Un SBP debe contar con equipos para mezcla de gases, comúnmente referidas como “Mezcladoras” (Mixmaker), las cuales proveen una flexibilidad adicional cuando se realizan buceos de saturación profundos. La mezcladora puede proporcionar gas mezclado en porcentajes precisos y las cantidades necesarias para cualquier buceo dado. Si es necesario, el gas de la mezcladora puede ser enviado directamente a los buzos para su consumo.
- 15-3.3** **Sistema de Manejo de la Campana.** De todos los elementos de los SBP, ninguno es más variado que el sistema de manejo de la campana. El lanzamiento y recuperación de la campana presenta riesgos significativos para los buzos durante mal tiempo y son los factores principales en la configuración y operación del sistema de manejo.

15-3.3.1 Características del Sistema de Manejo. Todos los sistemas de manejo tienen ciertas características comunes. El sistema debe:

- Estar diseñado y mantenido adecuadamente para soportar los elementos y cargas dinámicas impuestas por mal tiempo.
- Tener la capacidad para controlar la campana a través del espacio aire-agua con la suficiente velocidad para evitar la excesiva acción de las olas.
- Mantener la campana libre de la superestructura de la plataforma de soporte para evitar daños por impactos.
- Tener la capacidad de levante con la fuerza suficiente para permitir la rápida recuperación de la campana, y controles y freno que permitan un manejo preciso para acoplarla y para su acercamiento al lecho marino.
- Incluir un sistema de manejo para mover la campana suspendida hacia y desde la posición de lanzamiento/recuperación a la cámara.
- Tener un método de restricción del movimiento de la campana durante el acoplamiento a la cámara.

15-3.4 Equipo de Buceo de Saturación con Mezcla de Gases. El UBA MK 21 MOD 0 es un casco de buceo con regulador de demanda, de circuito abierto, diseñado para buceo de saturación con mezcla de gases a profundidades que exceden 300 pam y hasta 950 pam lo más profundo ([Figura 15-2](#)). Con la excepción del regulador de demanda, es funcionalmente idéntico al UBA MK 21 MOD 1, el cual es utilizado para buceos con aire y mezcla de gases. El regulador para el casco MK 21 MOD 0 es el Ultraflow 500, el cual provee mejoras en la resistencia a la respiración y al flujo de gas sobre el MK 21 MOD 1.



Figura 15-2. MK 21 MOD 0 con Traje de Agua Caliente, Calentador de Gas y Cilindro de Gas de Emergencia



Figura 15-3. MK 22 MOD 0 con Traje de Agua Caliente, Calentador de Gas y Cilindro de Gas de Emergencia

El UBA MK 22 MOD 0 es una máscara con regulador de demanda, de circuito abierto, versión del UBA MK 21 MOD 0 ([Figura 15-3](#)). Es utilizado por el buzo standby de saturación, en buceos con mezcla de gases a profundidades que exceden 300 pam y hasta 950 pam como máximo. Está provisto con una capucha y araña en lugar del armazón del casco para presentar un menor volumen y ser de fácil almacenamiento.

15-4 INSTALACIONES DE SATURACION DE LA MARINA DE E.U.

- 15-4.1 Unidad de Buceo Experimental de la Marina (NEDU), Panama City, FL.** La misión del NEDU es probar y evaluar los procedimientos y sistemas de buceo, hiperbáricos y otros sistemas de soporte de vida, también conduce investigación y desarrollo en fisiología biomédica y ambiental. La NEDU entonces proporciona recomendaciones técnicas al Comandante del Comando de Sistemas Marinos Navales, para sustentar los requerimientos operacionales de las Fuerzas Armadas de E.U.

La NEDU aloja las Instalaciones de Simulación Oceánica (OSF), una de las instalaciones hiperbáricas clasificadas para humanos más grande del mundo. La OSF consiste de cinco cámaras con un compartimento húmedo y tronco de transferencia. El compartimento húmedo contiene 55,000 galones de agua. La OSF puede simular profundidades de hasta 2,250 pam y puede adaptar un amplio rango de experimentos en sus cámaras secas y húmedas (ver [Figuras 15-4, 15-5](#) y [15-6](#)).

- 15-4.2 Laboratorio de Investigación Médica Submarina Naval (NSMRL), New London, CT.** La misión de este laboratorio es conducir investigaciones médicas y descubrimientos en los campos de la fisiología hiperbárica, sicología y fisiología operacional, ingeniería de factores humanos y como otras ciencias relacionadas se aplican a programas biomédicos en ambientes operacionales ([Figura 15-7](#)).

SECCION DOS- SISTEMAS DE SOPORTE DE VIDA DEL BUZO

15-5 INTRODUCCION

Los sistemas de soporte de vida del buzo de saturación deben proveer una adecuada protección respiratoria y térmica para permitir trabajar en el agua a profundidades y temperaturas extremas. Debido al gran estrés que tienen los buzos por los buceos profundos de saturación, este equipo debe ser cuidadosamente diseñado y probado en sus ambientes operacionales. El sistema de soporte de vida del buzo consiste de dos componentes: un aparato de respiración subacuático (UBA) y un sistema de protección térmica. El tiempo real que un buzo puede trabajar en el agua depende de la adecuación que tenga con su aparato de soporte de vida y de su condición física. Las consideraciones importantes en la duración del tiempo efectivo en el agua son el promedio de consumo de gas del sistema y el grado de protección térmica. Los UBA para buceo de saturación de la Marina de E.U. actuales están diseñados para operar efectivamente bajo el agua por al menos 4 horas. Aunque un aparato de buceo dado puede ser el adecuado para proveer un amplio soporte de vida, la experiencia ha mostrado que el tiempo de buceo acumulado a grandes profundidades, reducirá progresivamente la efectividad del buzo después de 4 horas de exposición en el agua.

15-6 SISTEMA DE PROTECCION TERMICA

Todos los sistemas de soporte de vida de los buzos de saturación incluyen un sistema de protección térmica, consistente en un traje de agua caliente y un calentador del gas respirable. La protección térmica está diseñada para minimizar la pérdida de calor del buzo, causada por la alta conductividad térmica del helio. El helio conduce el calor fuera del cuerpo rápidamente y causa una significante pérdida de calor vía el gas de respiración. El metabolismo del buzo puede no ser lo suficientemente grande para compensar la pérdida de

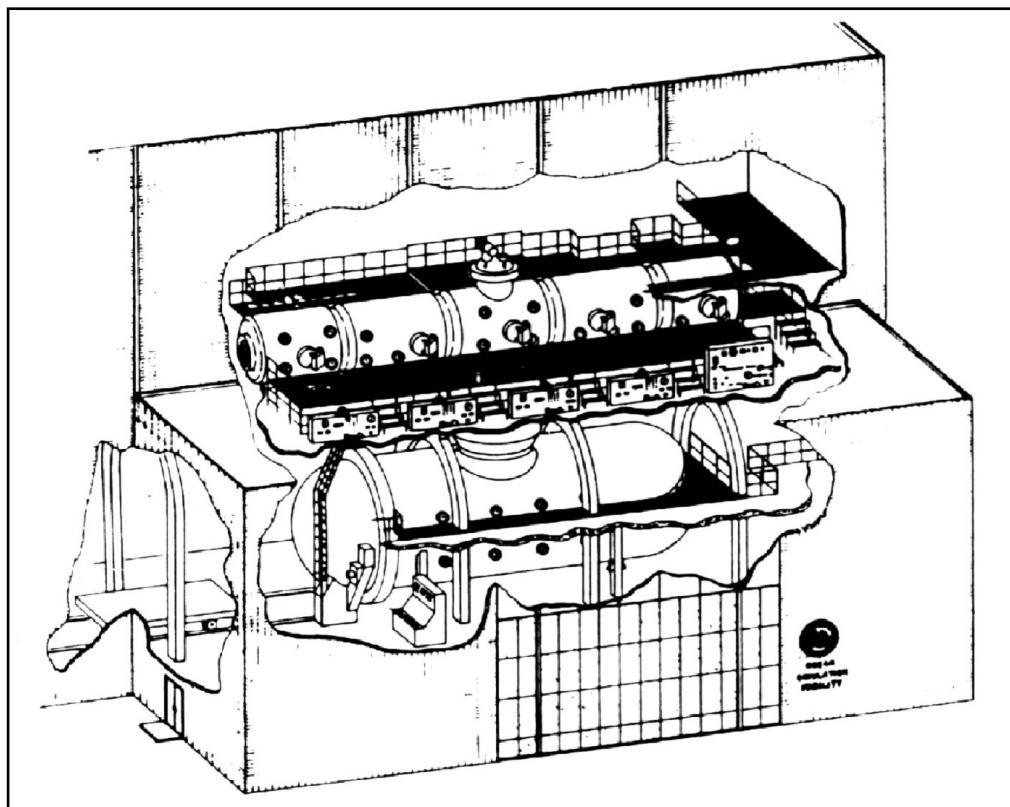


FIGURA 15-4. Instalaciones de Simulación Oceánica (OSF) de la NEDU.

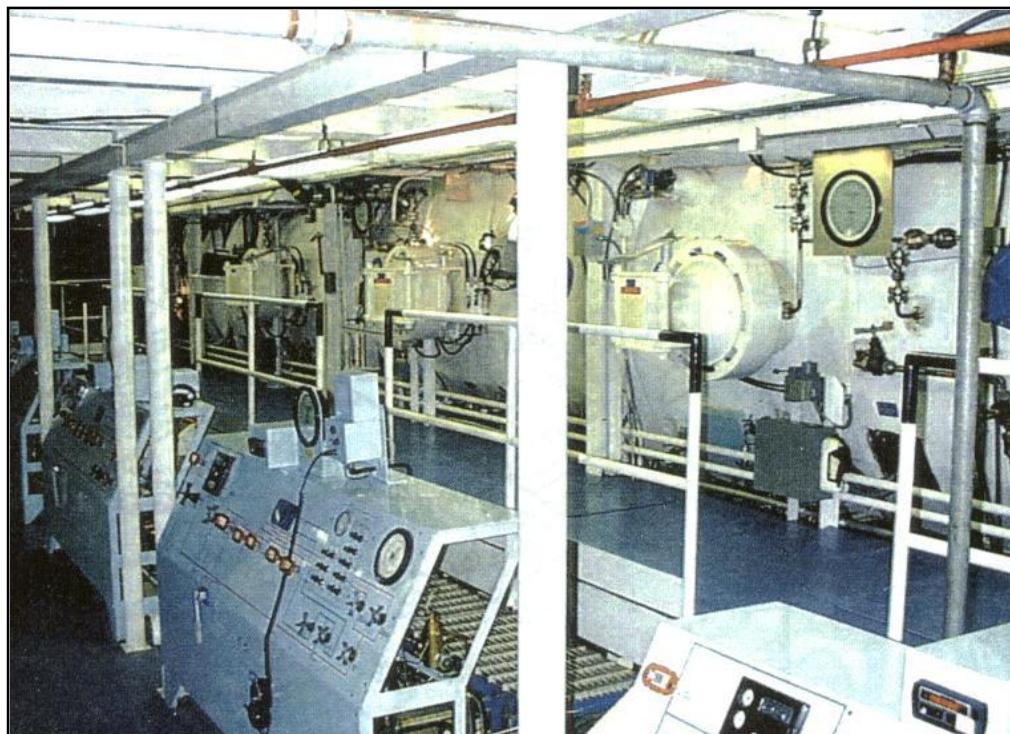


FIGURA 15-5. Complejo de Cámaras de Buceo de Saturación en las Instalaciones de Simulación Oceánica (OSF) de la NEDU.



Figura 15-6. Cuarto de Control de las Instalaciones de Simulación Oceánica de la NEDU.

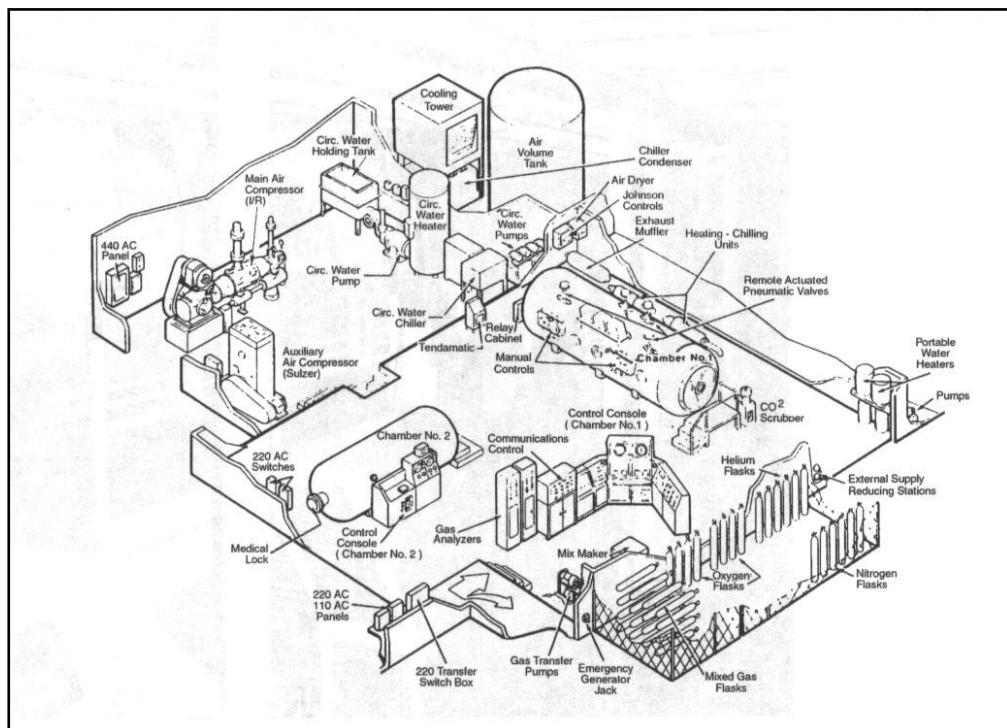


Figura 15-7. Laboratorio de Investigación Médica Submarina Naval (NSMRL).

calor cuando se respira gas frío, resultando en caída de la temperatura del cuerpo e incremento en la oportunidad de hipotermia.

15-6.1

Calentamiento del Buzo. Debido a la alta conductividad térmica del helio y a las profundidades alcanzadas, los trajes más clásicos de buceo (ej., trajes húmedos, trajes secos) pierden sus propiedades aislantes en un ambiente con helio. Por lo tanto, se deben emplear prendas de vestir con protección térmica y calentamiento activo para buceos de saturación con helio-oxígeno. La protección térmica más exitosa usada corrientemente es el traje de agua caliente con válvula de no retorno (VNR), utilizando agua caliente circulando como fuente de calor. El traje de agua caliente VNR típico está construido de neopreno comprimido y de celdas cerradas, con una capa exterior de nylon reforzado tipo lona. El interior está forrado de un nylon suave con mangueras perforadas para el agua caliente a lo largo de las extremidades, pecho y espalda. Los buzos requieren usar un traje Polartec Diveskins o una malla de neopreno delgada bajo sus trajes VNR. Las mallas o Diveskins casi no ofrecen protección para el agua fría, pero previenen al buzo de quemaduras por la descarga de agua caliente de su traje VNR y minimizan las rozaduras de la piel.

La efectividad del traje de agua caliente para mantener templados a los buzos depende de conservar un flujo de agua adecuado y a la temperatura apropiada. Un flujo de agua promedio de 4 galones por minuto (gpm) (3 gpm para el traje y 1 gpm para el calentador de gas de respiración), con la temperatura de entrada al traje ajustada al confort del buzo generalmente proporciona una protección adecuada. Durante la operación normal, el agua caliente es distribuida a través del traje de agua caliente VNR y es entonces descargada al mar a través del VNR. Si hay un buzo con fallas en su sistema de calentamiento, el buzo cierra la VNR y abre la válvula bypass, atrapando suficiente agua caliente en el traje para permitirle retornar a la campana. Para prevenir lesiones por quemadura, la temperatura del agua en la entrada del traje no debe exceder de 110°F. Los sistemas de protección térmica con agua caliente deben ser diseñados para proveer control individual de la temperatura del agua y de la proporción de flujo suministrado a cada buzo. Todos los buzos utilizan normalmente umbilicales de la misma longitud.

15-6.2

Calentamiento del Gas Inspirado. El sistema de protección térmica incluye un calentador del gas de respiración, para elevar la temperatura del gas a un nivel suficiente para minimizar la pérdida de calor. Un calentador típico de gas de respiración es un intercambiador de calor de agua caliente, que puede calentarlo a una temperatura entre 30 y 50°F. El respirar helio-oxígeno frío en un buceo de saturación profundo puede causar problemas nasales y secreciones traqueo-bronquiales, dificultad para respirar, dolor en el pecho, dolor de cabeza y escalofríos severos. Estos síntomas pueden empezar dentro de los primeros minutos de haber iniciado el buceo. El respirar helio-oxígeno confortable aparentemente, pero a bajas temperaturas, a grandes profundidades, puede bajar rápidamente la temperatura corporal a través de la pérdida de calor respiratorio, aún cuando la piel se mantenga tibia por el traje de agua caliente. Usualmente el buzo no se da cuenta de la pérdida de calor respiratorio, ya que no tiene síntomas, y no empezará a temblar hasta que su temperatura central haya caído. La producción de calor metabólico no lo compensará por la pérdida continua de calor respiratorio. La Tabla 15-1 contiene las guías para la temperatura mínima permisible para el gas de respiración helio-oxígeno. Estos límites están basados en un buceo de 4 horas con una disminución máxima de la temperatura central de 1.8°F (1.0°C) en un buzo usando una VNR o traje de agua caliente ajustado y funcionando apropiadamente.

15-7 APARATOS DE RESPIRACION SUBACUATICOS EN BUCEO DE SATURACION

La cantidad de gas consumido y la composición del gas de suministro dependen en parte del diseño del UBA. Han sido usados exitosamente tres tipos de aparatos subacuáticos de respiración para sustentar las operaciones de buceo de saturación: de demanda con circuito abierto, circuito semi-cerrado y circuito cerrado.

Tabla 15-1. Guías para Temperaturas Mínimas de HeO₂ Inspirado para Saturación en Profundidades entre 350 y 1,500 pam.*

Profundidad (pam)	Temperatura Mínima del Gas Inspirado	
	°C	°F
350	-3.1	26.4
400	1.2	34.2
500	7.5	45.5
600	11.7	53.1
700	14.9	58.8
800	17.3	63.1
900	19.2	66.6
1000	20.7	69.3
1100	22.0	71.6
1200	23.0	73.4
1300	23.9	75.0
1400	24.7	76.5
1500	25.4	77.72

* Ref. C.A. Piantadosi, "Límites de Pérdida de Calor Respiratorio en Buceo de Saturación con Helio Oxígeno", Reporte de la Unidad de Buceo Experimental de la Marina NR 10-80 Revisado 1982 (ADA 094132).

Los sistemas UBA deben estar diseñados para soportar las excursiones del buceo de saturación por un mínimo de 4 horas de duración, en temperaturas tan bajas como 29°F. La información específica sobre los equipos de buceo certificados de la Marina de E.U. puede encontrarse en los manuales técnicos del sistema específico aplicable.

15-8 CONSUMO DE GAS EN LOS UBA

El consumo de gas puede ser el factor de control en la planeación de una misión y en la determinación de las excursiones apropiadas. Sin embargo, el consumo de gas es específico a los UBA – y a la plataforma.

15-8.1 Buceos Específicos. Para un buceo específico, el almacenamiento de gas para soportar una misión puede ser el parámetro de control. Las siguientes fórmulas pueden ser utilizadas para calcular el consumo de gas de los buzos:

$$\text{ata} = \frac{D + 33}{33}$$

p³/min estándar (por un buzo a profundidad) = ata x p³/min reales

p³/min totales = p³/min x número de buzos

p³ requeridos = p³/min x minutos

D = profundidad del buzo

ata = atmósferas absolutas

acf m = pies cúbicos reales por minuto requeridos para el UBA específico a ser usado (refiérase al manual técnico)

número de buzos = número total de buzos que hacen la excursión

minutos = duración de la excursión

scf requeridos = pies cúbicos estándar de gas requerido para sustentar a los buzos.

Ejemplo. Dos buzos y un buzo standby usando los UBAs MK 21 MOD 0 y MK 22 MOD 0 a 300 pam son desplegados para una excursión de 15 minutos. Determine el consumo de gas.

1. Convierta la profundidad en atmósferas:

$$\frac{300 \text{ pam} + 33 \text{ pam}}{33 \text{ pam}} = 10.09 \text{ ata}$$

2. Calcule el consumo de gas para 1 buzo:

$$\frac{10.09 \text{ ata} \times 1.4 \text{ acfm para MK 21 MOD 0}}{14.13 \text{ scfm para 1 buzo a 300 pam}}$$

3. Calcule el uso de gas para 3 buzos:

$$\frac{14.13 \text{ scfm para 1 buzo a 300 pam} \times 3 \text{ buzos (2) y standby (1)}}{42.39 \text{ scfm para 3 buzos a 300 pam}}$$

4. Calcule el requerimiento total de gas:

$$\frac{42.39 \text{ scfm} \times 15 \text{ minutos de tiempo de excursión}}{635.85 \text{ scf (redondeado a 636 scf)}}$$

Puede ser esperado un requerimiento de gas de 636 Pies Cúbicos Estándar de helio-oxígeno para esta excursión con dos buzos.

NOTA **El consumo para tres buzos se calcula aunque el standby normalmente no usará gas por los 15 minutos completos.**

15-8.2 Duración del Suministro de Gas de Emergencia. El cálculo de gas del [párrafo 15-8.1](#) es utilizado para determinar los límites de excursión basado sobre el almacenamiento del gas del buzo. La duración del suministro de gas de emergencia (SGE) también debe ser calculada usando las siguientes fórmulas:

$$pmp = (D \times .445) + psi (psf)$$

$$psi disponibles para usar = psi (cilindro) - pmp$$

$$p^3 \text{ de gas disponible} = \frac{psi (\text{disponible}) + 14.7}{14.7} \times vi$$
$$p^3/\text{min estándar} = p^3/\text{min reales} \times ata$$

$$\text{duración en minutos} = \frac{p^3/\text{min}}{p^3/\text{min estándar}}$$

D = profundidad del buzo

psi (psf) = presión sobre la del fondo requerida para el UBA específico

pmp = presión mínima del panel

vi = volumen inundable del cilindro

acfm = pies cúbicos por minuto reales a la profundidad de excursión requeridos para el UBA específico a ser usado.

scfm = pies cúbicos por minuto estándar requeridos para entregar acfm

Ejemplo. Usando un cilindro de aluminio de 80 pies cúbicos (volumen inundable = .399 p³) llenado a 3,000 psig, calcule la duración del SGE del buzo a 300 pam.

1. Calcule los psi disponibles para usar:

$$\begin{array}{r} 185.0 \text{ psi sobre el fondo, MK 21 MOD 0} \\ + 133.5 \text{ psi (300 pam convertidos a psi)} \\ \hline 318.5 \text{ psi (redondeados a 319 psi)} \end{array}$$

2. Calcule los psig disponibles para usar:

$$3,000 - 319 \text{ psig} = 2,681 \text{ psig disponibles para usar}$$

3. Calcule los p³ de gas disponible:

$$\frac{2681 + 14.7}{14.7} \times 0.399 = 73.2 \text{ p}^3 \text{ de gas disponible}$$

4. Calcule los pies cúbicos estándar por minuto requeridos:

$$1.4 \text{ acfm} \times 10.09 \text{ ata} = 14.13 \text{ scfm}$$

5. Calcule la duración del suministro de gas:

$$\frac{73.2 \text{ scf}}{14.13 \text{ scfm}} = 5.18 \text{ minutos}$$

La duración del suministro de gas de emergencia es muy corta, especialmente a grandes profundidades.

- 15-8.3 Composición del Gas.** El porcentaje de oxígeno en la mezcla depende de la profundidad del buzo y puede ser calculado como sigue:

1. % equivalente en decimales = $\frac{\text{ppO}_2 \text{ deseada}}{\text{ata}}$

2. % equivalente en decimales x 100 = % de O₂ requerido para mantener la ppO₂ deseada

Ejemplo. Calcule el porcentaje de mínimo y máximo de O₂ requerido para mantener un rango de .44 a 1.25 ppO₂ a 300 pam.

1. Calcule el porcentaje de O₂ mínimo requerido para mantener el valor más bajo del rango:

$$\frac{0.44 \text{ ata}}{10.09 \text{ ata}} = 0.0436 \times 100 = 4.36\%$$

4.36 % de O₂ en He proporciona la ppO₂ mínima.

2. Calcule le porcentaje de O₂ máximo requerido para mantener el valor más alto del rango:

$$\frac{1.25 \text{ ata}}{10.09 \text{ ata}} = 0.1239 \times 100 = 12.39\%$$

12.39 % de O₂ en He proporciona la ppO₂ máxima.

SECCION TRES – OPERACIONES CON BUCEO DE SATURACION

15-9 INTRODUCCION

El buceo de saturación es el modo de elección para las operaciones de buceo que requieren largos tiempos de fondo u operaciones de buceo más profundas que las permitidas en las tablas de buceo con suministro desde superficie. El buceo de saturación permite a los buzos permanecer en la profundidad de trabajo sin preocupación por la descompresión. Las Tablas de Excursión de Duración Ilimitada ([Tablas 15-7](#) y [15-8](#)) permiten un gran rango vertical de profundidades de trabajo sin límites de tiempo.

15-10 CONSIDERACIONES OPERACIONALES

El buceo de saturación requiere sistemas complejos de buceo de saturación diseñados para controlar con precisión la profundidad, la composición de la atmósfera y la temperatura. Los Comandantes, Oficiales de Buceo y Superintendentes de Buceo deben considerar los requerimientos de personal y entrenamiento, el estrés fisiológico impuesto por la profundidad y duración del buceo, la logística y los requerimientos de suministro de gas. Refiérase a la [Tabla 15-2](#) para los requerimientos de personal para el buceo de saturación.

- 15-10.1 Selección del Equipo de Buceo.** Todos los candidatos para un buceo de saturación deben estar físicamente calificados para hacer el buceo según lo determine un Oficial Medico de Buceo. Con la excepción de investigaciones autorizadas, pruebas de equipo o por propósitos de entrenamiento, todos los buzos deben estar calificados y contar con experiencia con el UBA que esté siendo utilizado y en el sistema de buceo en particular al que ellos están asignados. Dependiendo de los requerimientos de la misión, los buzos pueden necesitar tener las destrezas especiales que son requeridas para la operación.

- 15-10.2 Entrenamiento de Misión.** Cuando el esquema lo permite, debe realizarse un entrenamiento en preparación para una misión de buceo de saturación específica. Este entrenamiento proporciona una oportunidad para asegurar que todo el personal está en óptimas condiciones físicas, y facilita el desarrollo de las destrezas especiales requeridas para la operación. El entrenamiento también proporciona una oportunidad para que los individuos funcionen como un equipo y para identificar a un individuo con la habilidad de liderazgo necesaria para llenar el papel de líder del equipo de buceo. Deben identificarse y ser entrenados con el equipo buzos alternos, para el caso de enfermedad o lesión del buzo titular.

15-11 SELECCION DE LA PROFUNDIDAD DE VIVIENDA

La selección de la profundidad de vivienda para la cámara de descompresión en cubierta (DDC) está basada en la profundidad de trabajo aproximada del buceo planeado. Esta puede obtenerse comparando la profundidad de vivienda y la profundidad de trabajo del buceo

planeado con los límites de descenso y ascenso de las Tablas de Excursión de Duración Ilimitada ([Tablas 15-7](#) y [15-8](#)). Cuando el rango de la profundidad de trabajo del buzo es poco, la DDC debe comprimirse a aproximadamente la mitad del rango. Esto minimiza la cantidad de gas utilizado en la presurización o despresurización de la campana (PTC).

Tabla 15-2. Estación de Guardia de Buceo de Saturación Típica.

Estación de Guardia
Oficial de Buceo
Oficial Medico de Buceo (Nota 2)
Jefe de Buceo
Supervisor de Buceo
Monitor de Atmósfera
Operador de Control de Gas CCP
Operador de Soporte de Vida
Operador de Comunicaciones y Bitácora CCP
Buzos de Soporte en Superficie
Operador de Gases
Operadores de Campana
Buzos de Campana
Supervisores de Cubierta Principal

Nota:

1. Es requerido un Oficial Médico de Buceo en el sitio para todas las operaciones de buceo de saturación. ("En el sitio" es definido como accesible dentro de 30 minutos del sitio de buceo por la transportación disponible.)

Cuando el rango de trabajo esperado es grande o hay múltiples objetivos por realizar a diferentes profundidades, serán requeridas diferentes profundidades de vivienda. Los procedimientos de excursión ilimitada pueden utilizarse en varias progresivamente menores profundidades de vivienda para alcanzar el objetivo.

15-12 REGISTROS

Esta sección cubre los registros requeridos a ser mantenidos durante la conducción de un buceo de saturación.

15-12.1 Bitácora del Comando de Buceo. Se deberá mantener una bitácora oficial durante todo el tiempo que dure el buceo. Esta contendrá un registro cronológico del procedimiento de buceo, además de cualquier evento significativo. Se deberá registrar una narración de los eventos significativos por el Oficial o Supervisor de Buceo y por el Oficial Medico de Buceo de Saturación (cuando sea necesario). Esta bitácora será retenida por 3 años.

15-12.2 Protocolo Maestro. Cada operación de buceo tendrá un protocolo maestro, presentado por el Jefe de Buceo, revisado por el Oficial Medico de Buceo de Saturación y el Oficial de Buceo, y aprobado por el Comandante. Este protocolo maestro contendrá toda la información necesaria para asegurar que el buceo sigue un programa compatible con los requerimientos para el buceo de saturación, como se definen en este manual e incluirá la información necesaria para llevar a cabo estos procedimientos sobre la plataforma operacional específica.

Se mantendrá una copia del protocolo como copia maestra en la CCP. No se permiten alteraciones excepto aquellas hechas por el Oficial de Buceo y aprobadas por el Comandante. Cualquier cambio en este protocolo será firmado y fechado.

15-12.2.1 Modificaciones. Ya que los buceos de saturación generalmente siguen un patrón establecido, solamente pocos elementos del protocolo necesitan ser modificados de misión a misión. Consecuentemente, una vez que se tiene disponible un protocolo completo y

cuidadosamente escrito, solo serán necesarias pequeñas modificaciones para apoyar misiones futuras.

15-12.2.2 Elementos. El protocolo de buceo debe incluir, pero no estar limitado, a lo siguiente:

- Un plan detallado del consumo de gas, incluyendo los requerimientos de suministro de gas previstos ([párrafo 15-15](#)). Se deben especificar las mezclas requeridas para suministro de emergencia, tratamiento y gas de excursión para los rangos de profundidad esperados, indicando las profundidades específicas para cambiar las mezclas.
- Una cédula de compresión, incluyendo la velocidad planeada con paradas de descanso, si aplican.
- Requerimientos de manejo, incluyendo los tiempos.
- Procedimientos previos y posteriores al buceo.

15-12.3 Hoja de Datos de la Atmósfera de la Cámara. Se deberán registrar cada hora las lecturas de la profundidad de la cámara, temperatura, humedad, y concentraciones de oxígeno y bióxido de carbono. Además, deberá anotarse el tiempo de operación de los depuradores de CO₂ y el tiempo de cambio del absorbente de CO₂.

15-12.4 Compartimiento de Servicio. Debe registrarse la siguiente información: fecha, profundidad, hora en que deja la superficie o el fondo, y los artículos que entran o salen de la cámara. Esta información es útil para el control de diseminación de contaminantes y en la disminución de combustibles en la cámara mientras está en la zona de fuego.

15-12.5 Bitácora de Maquinaria/Reporte del Estado del Gas. Debe ser mantenido un registro del estado de todos los bancos de gas, incluyendo su presión y tipo de mezcla, y del estado de todos los equipos que suministren gas al SBP. Esta bitácora será revisada por cada Supervisor de Buceo antes de tomar la guardia y diario por el Oficial y Jefe de Buceo.

15-12.6 Procedimientos Operacionales (POs). Las hojas aprobadas de procedimientos operacionales actualmente en uso, serán llenadas y firmadas apropiadamente por el operador y revisadas y firmadas por el Supervisor de Buceo y por el Oficial de Buceo de Guardia y registrada en la Bitácora de Buceo del Comando.

15-12.7 Procedimientos de Emergencia (PEs). Un juego de los procedimientos de emergencia con las responsabilidades individuales de cada estación de guardia debe estar encuadrada separadamente y disponible en la consola de control principal durante todo el buceo de saturación. La conveniencia de tenerlos en la estación no releva a ningún buzo o a cualquier miembro del equipo de tener amplio conocimiento, estar bien entrenado y totalmente calificado para reaccionar eficiente e instantáneamente ante cualquier emergencia. El entrenamiento constante en estos procedimientos de emergencia es necesario para mantener una vigilancia efectiva.

15-12.8 Registro de Buceo Individual. Use el Sistema de Reporte de Buceo (SRB) para registrar y reportar los buceos, como se señaló en el [párrafo 5-9](#).

15-13 LOGISTICA

En la planeación de operaciones de buceo prolongadas, se debe tener especial cuidado para asegurar que están disponibles los suficientes suministros y energía para mantener una misión de buceo. Cuando se opere en lugares remotos, el Comandante y el Oficial de Buceo deben evaluar cuidadosamente la disponibilidad de bases de apoyo en tierra. La pérdida de potencia y/o energía eléctrica en el mar es una situación de emergencia. La pérdida de

cualquiera de estos servicios vitales para el sistema de saturación, con un equipo de buceo comprometido a una larga descompresión, constituye una gran emergencia en la que debe actuarse rápidamente. Por consiguiente, se debe hacer un plan de contingencia con tiempos de transito antes de comenzar las operaciones de buceo de saturación en sitios remotos, para el caso en que los servicios de soporte del complejo de buceo se vean amenazados o perdidos.

15-14 CONTROL DE LA ATMOSFERA DE LA CAMARA Y CAMPANA

La atmósfera hiperbárica dentro de la cámara y campana es controlada para mantener los componentes gaseosos como sigue:

Presión Parcial de Oxígeno	.44 – .48 ata
Presión Parcial de CO ₂	Menos de 0.005 ppCO ₂ (.5% VES) (3.8 mmHg)
Helio y Nitrógeno	Balance de la presión total

Los niveles y tiempos límites de oxígeno se presentan en la Tabla 15-3.

Tabla 15-3. Tiempos Límite de Exposición de Oxígeno en la Cámara.

Nivel de oxígeno (ata)	Tiempo
Vivienda	.44 - .48
Excursión	.40 - .60
Excursión asociada con descompresión	.42 - .48*
Emergencia	.60**
	Ilimitado
	4 horas (6 horas)***
	Ilimitado
	24 horas

Notas:

* Este nivel puede ser excedido antes de iniciar la excursión ascendente para descompresión.
** Si el nivel de oxígeno excede este límite, cambiar a gas de emergencia.
*** El desempeño del buzo disminuye exponencialmente entre 4 y 6 horas de una excursión en el agua.

Estos niveles, particularmente el oxígeno, son esenciales para la descompresión segura y el uso de las Tablas de Excursión de Duración Ilimitada. El Incremento de la presión parcial de oxígeno arriba de 0.6 ata por períodos prolongados (más grandes que 24 horas) aumenta el riesgo de toxicidad pulmonar por oxígeno y deben ser utilizados solamente en situaciones de emergencia. Una ppO₂ debajo de 0.42 ata puede ocasionar una descompresión inadecuada, y una ppO₂ debajo de 0.16 ata resultará en hipoxia. Una vez que la concentración de CO₂ alcanza 0.5 % equivalente en superficie (3.8 mmHg) por una hora, debe cambiarse la canastilla del depurador, porque los niveles de CO₂ tienden a subir rápidamente de ahí en adelante. La inspiración de un nivel de CO₂ de 2 % equivalente en superficie (15.2 mmHg) puede ser tolerado por períodos de hasta 4 horas a profundidad. Las concentraciones de nitrógeno tienden a disminuir con el tiempo a profundidad, debido a la purga e inyección de helio durante la operación del compartimento de servicio.

NOTA **La descarga de gas del UBA dentro de la campana durante las operaciones de buceo puede hacer difícil el control del nivel de oxígeno.**

15-15 REQUERIMIENTOS DE SUMINISTRO DE GAS

Los siguientes gases deben estar disponibles para usarse en un UBA, para suministro de emergencia y para el tratamiento de enfermedades de descompresión.

- 15-15.1** **Gas para UBA.** Debe estar disponible para usarse una cantidad adecuada de gas con presión parcial de O₂ dentro del rango de 0.44 – 1.25 ata.
- 15-15.2** **Gas de Emergencia.** El gas de emergencia es utilizado como un suministro de respiración de respaldo en el caso de contaminación de la atmósfera de la cámara o campana. Un gas de emergencia con una presión parcial de O₂ de 0.16 a 1.25 ata debe estar inmediatamente disponible para el sistema de respiración integrado (SIRI). El volumen del gas de respiración de emergencia debe ser el suficiente para administrar a los buzos por el tiempo necesario para corregir la atmósfera de la cámara.

No debe ser iniciada la descompresión en la cámara o campana con una excursión ascendente durante la respiración con gas de emergencia, a menos que la presión parcial de oxígeno del gas inspirado por los buzos sea de 0.42 ata o mayor.

Ejemplo. Una cédula del gas de emergencia para un buceo más allá de 850 pam es:

Banco de Mezcla	Rango de Profundidad Permitible (pam)	Profundidad de Cambio (pam)
#1 HeO ₂ 84/16	0 – 224	200
#2 HeO ₂ 96/4	99 – 998	

- 15-15.3** **Gases de Tratamiento.** Deben haber disponibles gases de tratamiento que tengan una presión parcial en el rango de 1.5 a 2.8 ata para el caso de enfermedad de descompresión. Los gases premezclados mostrados en la Tabla 15-4 pueden ser utilizados sobre el rango de profundidad de 0 - 1,600 pam. Una fuente de gas de tratamiento debe estar disponible tan pronto como la profundidad de tratamiento es alcanzada. La fuente debe ser capaz de suministrar suficiente volumen de gas respirable para tratar a cada ocupante de la cámara.

Tabla 15-4. Gases de Tratamiento.

Profundidad (pam)	Mezcla
0 – 60	100% O ₂
60 – 100	40/60% HeO ₂
100 – 200	64/36% HeO ₂
200 – 350	79/21% HeO ₂
350 – 600	87/13% HeO ₂
600 – 1000	92/08% HeO ₂
1000 – 1600	95/05% HeO ₂

15-16 CONTROL AMBIENTAL

La mezcla de gas helio-oxígeno conduce calor fuera del cuerpo del buzo muy rápidamente. Por lo tanto, se necesitan temperaturas mayores a las requeridas en un ambiente de aire para mantener confortable al buzo. Como la profundidad se incrementa, la temperatura necesaria para alcanzar el confort puede elevarse al rango de 85 – 93°F.

Como una guía general para alcanzar el óptimo bienestar de todos los buzos, la temperatura debe mantenerse lo suficiente baja para que el buzo más acalorado esté confortable. Los buzos friolentos pueden agregar más ropa si es necesario. A todos los buzos se les debe preguntar frecuentemente acerca de su bienestar.

La humedad relativa debe ser mantenida entre 30 y 80 por ciento, siendo el rango más deseable para el confort de los buzos, el desempeño del depurador de CO₂ y la protección contra fuego el de 50 a 70 por ciento.

15-17 CONSIDERACIONES DE LA ZONA DE FUEGO

Se deben hacer todos los esfuerzos para eliminar cualquier riesgo de fuego dentro de la cámara. Cuando los porcentajes de oxígeno son elevados, como durante las últimas etapas de la descompresión, una vez que se inicia el fuego, se propagará rápidamente, volviéndose incontrolable. Debido a esto, se necesitan precauciones para mantener la seguridad del buzo cuando esté en zona de fuego. La zona de fuego es cuando la concentración de oxígeno en la cámara es de 6% o mayor. Usando los procedimientos normales de buceo de saturación (ppO₂ entre 0.44 y 0.48 ata), el fuego es posible a profundidades menores que 231 pam. Así, durante un buceo de saturación los buzos estarán en la zona de fuego durante la compresión inicial y durante las últimas etapas de la descompresión.

Ejemplo. La atmósfera de la cámara tiene 0.48 ata de ppO₂. El porcentaje mínimo para la combustión es de 6%. Calcule la profundidad de la zona de fuego.

La zona de fuego se calcula como sigue:

$$\begin{aligned}\text{Profundidad de la zona de fuego (pam)} &= \frac{\text{ppO}_2 \times 33}{\% \text{ O}_2 / 100} - 33 \\ &= \frac{0.48 \times 33}{0.06} - 33 \\ &= 231 \text{ pam}\end{aligned}$$

Aunque el diseño del SBP minimiza un fuego potencial, el personal debe mantenerse vigilante en todo momento para prevenirlo. Las precauciones apropiadas para la prevención de fuego incluyen:

- El sistema de extinción de fuego, si está disponible, debe estar operacional en todo momento cuando se esté en la zona de fuego.
- La ropa de los buzos, la de cama y las toallas deben estar hechas de algodón 100%. Los trajes de baño de los buzos hechos de 65% polyester – 35% algodón son aceptables.
- Los colchones y almohadas deben estar hechos de material retardante de fuego.
- Limitar los efectos personales combustibles a los artículos esenciales.
- Limitar el material de lectura, cuadernos, etc., en la zona de fuego.
- Todos los combustibles potenciales deben introducirse solo con el permiso del Supervisor de Buceo.
- Siempre y cuando sea posible, almacene todos los combustibles, incluyendo la basura en recipientes resistentes al fuego y sáquelos tan pronto como sea posible.
- Familiarícese completamente con todos los procedimientos de emergencia (PEs) que traten de fuego dentro y fuera del Sistema de Buceo Profundo.

15-18 HIGIENE

Una vez que inicia el buceo de saturación, cualquier enfermedad que se desarrolle es probable que afecte a todo el equipo, reduciendo su eficiencia y tal vez requiriendo que se aborde el buceo. Para minimizar esta posibilidad, el Oficial Medico de Buceo de Saturación debe realizar una breve revisión de las condiciones físicas de los buzos 24 horas antes de la compresión. Si se sospecha un proceso infeccioso o enfermedad, será cuidadosamente evaluado por el Oficial Medico de Buceo de Saturación para el posible reemplazo del buzo, por otro alterno previamente designado. Se debe mantener una estricta atención a la higiene personal, limpieza de las cámaras y a los procedimientos de manejo de alimentos una vez que se inicie el buceo, para minimizar el desarrollo y propagación de infecciones.

- 15-18.1 Higiene Personal.** La higiene y limpieza personal es el factor más importante en la prevención de infecciones; especialmente en infecciones de piel y oídos. Todos los buzos se bañarán diariamente por lo menos y tan pronto como sea posible después de las inmersiones. Blancos y ropa limpia se deben pasar al complejo cada día. Para prevenir lesiones en los pies, se deberá usar calzado limpio y seco durante todo momento, excepto cuando se bañen, duerman o estén en traje de buceo. Los pies deben estar completamente secos, especialmente entre los dedos, para minimizar infecciones locales. Cada ocupante de la cámara deberá mantener su propia bolsa con artículos de baño. Esta bolsa será inspeccionada por el Supervisor o Jefe de Buceo antes de iniciar el buceo para prevenir que se introduzcan a la cámara contaminantes potenciales o de riesgo de fuego.
- 15-18.2 Prevención de Infecciones del Oído Externo.** Pueden desarrollarse severas infecciones de oído a menos que se tomen medidas preventivas. Un régimen preventivo efectivo incluye la irrigación de cada oído con una solución de ácido acético al 2% en acetato de aluminio (ej., DOMEBORO) por 5 minutos al menos 2 veces al día. La irrigación debe ser observada, cronometrada y registrada por el Supervisor de Buceo.
- Después de una semana o algo así, aún con el régimen profiláctico de oídos, el canal auditivo puede llegar a ocluirse con suciedad. Una vez que esto sucede, puede desarrollarse una infección auditiva rápidamente. Para prevenir que esto ocurra, todos los buzos deben estar entrenados para detectar y tratar el bloqueo. Antes de iniciar un buceo, todos los buzos deben ser entrenados por personal médico calificado en el uso de un otoscopio para visualizar el tímpano. También, deberán entrenarse en el uso de una jeringa para lavado de oídos. Al menos semanalmente durante un buceo, los buzos deben examinarse unos a otros el canal auditivo. Si no se puede ver el tímpano debido a un bloqueo, entonces se deberá irrigar el oído suavemente con la jeringa hasta que el canal se destape.
- 15-18.3 Limpieza de la Cámara.** Todo el tiempo se debe poner estricta atención a la limpieza de la cámara, particularmente en el área del sanitario, lavabo, regadera y compartimento de servicio. Solamente serán usados para la limpieza de la cámara compuestos, componentes y trapos aprobados para el ambiente presurizado. Durante las inmersiones, se debe poner atención a la rutina de limpieza posterior al buceo del equipo usado por el buzo para prevenir erupciones e infecciones de la piel.
- Una vez terminado el buceo de saturación, la cámara debe ventilarse, vaciarse y lavarse completamente con detergente no-iónico (MIL-D-16791) y agua, y entonces se cerrará. Adicionalmente, todos los colchones y ropa de cama deben ser lavados.
- 15-18.4 Manejo y Preparación de Alimentos.** Todos los alimentos suministrados a los buzos durante la evolución del buceo de saturación, deberán cumplir con las normas prescritas en NAVMED P-5010. Toda la comida que se introduzca a las cámaras será inspeccionada por el Supervisor u Oficial de Buceo de Guardia. El Oficial Medico de Buceo de Saturación inspeccionará las áreas de preparación de alimentos diariamente.

15-19 CONTROL DE CALIDAD DE LA ATMOSFERA

La prevención de la contaminación de la atmósfera de la cámara por gases tóxicos es extremadamente importante para la salud de los buzos. Una vez introducidos a la cámara, los gases contaminantes son difíciles de eliminar y pueden dar como resultado exposición prolongada de los buzos.

- 15-19.1 Contaminantes Gaseosos.** Los contaminantes gaseosos pueden introducirse a través de un suministro de gas contaminado, o a través de tuberías de la cámara y/o cilindros de gas que contengan residuos de lubricantes o solventes, o por los buzos o el personal de mantenimiento.

Tabla 15-5. Límites para Contaminantes Gaseosos Seleccionados en Sistemas de Buceo de Saturación.

Contaminante	Límite
Acetona	200 ppm (Nota 1) (Nota 3: Mismo límite)
Benceno	1 ppm (Nota 3)
Cloroformo	1 ppm (Nota 1)
Etanol	100 ppm (Nota 3)
Freón 113	100 ppm (Nota 1)
Freón 11	100 ppm (Nota 1)
Freón 12	100 ppm (Nota 1) (Nota 3: Mismo límite)
Freón 114	100 ppm (Nota 1)
Alcohol Isopropílico	1 ppm (Nota 1)
Metanol	10 ppm (Nota 3)
Metil Cloroformo	30 ppm (Nota 2) (Nota 3: límite 90 días = 2.5 ppm, límite 24 horas = 10 ppm)
Metil Etil Cetona	20 ppm (Nota 2)
Metil Isobutil Cetona	20 ppm (Nota 2)
Cloruro de Metileno	25 ppm (Nota 2)
Tolueno	20 ppm (Nota 1) (Nota 3: Mismo límite)
Trimetil Benceno	3 ppm (Nota 2)
Xileno	50 ppm (Nota 1) (Nota 3: Mismo límite)

Notas:

1. Límite de exposición 90 días continuos. *Comité del Consejo Nacional de Investigación en Toxicología de Emergencia y Límites de Exposición Continuos para Contaminantes Aéreos Seleccionados*, Vols. 1-8, Washington, D.C., National Academy Press, 1984-1988.
2. 7 días máxima exposición permisible en naves espaciales tripuladas. Administración Nacional Aeronáutica y del Espacio, Oficina de Sistemas de Transportación Espacial. *Requerimientos y Procedimientos de Prueba de Olor y Emisión de Gases para Materiales en Ambientes que Soportan Combustión*, NHB 8060, 1B, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1981.
3. Límite 90 días. *Manual de Control Atmosférico de Submarinos Nucleares del Comando de Sistemas Marinos Navales de E.U.*, NAVSEA S9510-AB-ATM-010 (U), Vol. 1, Rev. 2, 30 Julio 1992

El riesgo de contaminación de la atmósfera puede reducirse, asegurándose que solamente sean usados gases que cumplan con las especificaciones federales apropiadas y que se usen los procedimientos apropiados para la transferencia de gases. Todos los cilindros de gas y las tuberías de las cámaras usadas con helio, oxígeno o mezcla de gases, deben limpiarse usando los procedimientos de limpieza aprobados, para remover las sustancias que puedan llegar a contaminar la cámara. Una vez que se han limpiado, se debe tener cuidado de prevenir la introducción de contaminantes a los diferentes sistemas durante el mantenimiento, marcando y tapando las aberturas en la red de tuberías. Finalmente, la contaminación inadvertida de las cámaras puede prevenirse limitando los artículos que puedan entrar. Solamente se permiten dentro de la cámara pinturas, lubricantes, solventes, pegamentos, equipos y otros materiales

que se sabe que no despedirán gases tóxicos potencialmente contaminantes. El estricto control de todas las sustancias que entran a la cámara es un elemento esencial en la prevención de la contaminación de la cámara.

- 15-19.2 Procedimientos de Examinación Inicial sin Personal.** Para asegurarse que los sistemas de la cámara están libres de gases contaminantes, la atmósfera de la cámara debe ser examinada por la presencia de contaminantes comunes encontrados en los sistemas hiperbáricos, cuando se sospecha contaminación de la cámara y/o del suministro de gas, o después de que sea terminado cualquier ajuste o reparación mayor de la cámara. Solamente pueden ser usados los procedimientos aprobados por NAVFAC - o NAVSEA - para colección de muestras a examinar.

La Tabla 15-5 lista unos pocos contaminantes seleccionados que pueden estar presentes en los complejos hiperbáricos, con sus límites de exposición a 90 días continuos (o límites de 7 días donde un límite de 90 días no es obtenible). En la ausencia de guías específicas para exposiciones hiperbáricas, estos límites deben usarse como límites seguros para los sistemas de buceo de saturación.

Cuando es reportado cualquiera de estos contaminantes en las muestras de la cámara, el cálculo del Valor Equivalente en Superficie (VES) debe ser comparado con el límite de esta lista. Si el VES calculado excede este límite, la cámara debe limpiarse y reexaminate. Puede obtenerse asistencia por cualquier identificación y resolución de contaminación contactando al NEDU o a la autoridad del sistema de certificación.

15-20 FASE DE COMPRESION

La fase inicial del buceo es la compresión del equipo de buceo a la profundidad de vivienda seleccionada. Esta fase incluye el establecimiento de la presión parcial de oxígeno de la cámara en un valor entre 0.44 y 0.48 ata, la verificación de instrumentos y sistemas, y la compresión real de los buzos a la profundidad de vivienda.

- 15-20.1 Establecimiento de la Presión Parcial de Oxígeno en la Cámara.** Antes de la compresión a la profundidad de vivienda, la ppO₂ de la cámara debe elevarse de 0.21 ata a 0.44-0.48 ata. Hay dos métodos para elevar la presión parcial de oxígeno al nivel deseado.

- **Método con Aire.** Comprima la cámara con aire hasta 36 pam a una velocidad moderada. Esto elevará la ppO₂ de la cámara a 0.44 ata. Si se desea, se puede elevar la ppO₂ posteriormente a 0.48 ata usando el sistema de inyección de oxígeno metabólico.
- **Método con Helio-Oxígeno.** Comprima la cámara a velocidad moderada con una mezcla que contenga menos de 21% de oxígeno. La profundidad de compresión requerida puede calcularse usando la siguiente fórmula:

$$\text{Profundidad de Compresión (pam)} = 33 \times \frac{(ppO_2 - 0.21)}{O_2 \%} \times 100$$

Ejemplo: Si se usa una mezcla 20% de helio-oxígeno y la ppO₂ deseada es 0.44 ata, calcule la profundidad de compresión.

$$\begin{aligned}\text{Profundidad de Compresión} &= 33 \times \frac{(0.44 - 0.21)}{20} \times 100 \\ &= 37.95 \text{ pam}\end{aligned}$$

15-20.2 Compresión a la Profundidad de Vivienda. La compresión rápida a la profundidad de vivienda de saturación puede provocar síntomas del Síndrome Nervioso de Alta Presión (SNAP - HPNS), y puede intensificar el dolor por compresión de las articulaciones. Para evitar estas complicaciones, debe usarse la menor velocidad de compresión de acuerdo con los requerimientos operacionales. La Tabla 15-6 muestra el rango de velocidad de compresión permisible.

Tabla 15-6. Velocidad de Compresión en Buceo de Saturación.

Rango de Profundidad	Velocidad de Compresión
0 – 60 pam	0.5 – 30 pam/min
60 – 250 pam	0.5 – 10 pam/min
250 – 750 pam	0.5 – 3 pam/min
750 – 1000 pam	0.5 – 2 pam/min

Si lo dictan las necesidades operacionales, la compresión a la profundidad de vivienda de 400 pam o menos puede hacerse a la máxima velocidad indicada en la Tabla 15-6, con poco riesgo de SNAP. Sin embargo, la compresión directa a la máxima velocidad, a profundidades de vivienda mayores, puede producir síntomas de SNAP en algunos buzos. Estos buzos pueden estar incapacitados por un periodo de 24 a 48 horas. La experiencia ha mostrado que la aparición de tales síntomas puede ser minimizada disminuyendo la velocidad de compresión o introduciendo paradas durante la compresión.

La profundidad y tiempo de las paradas, si se usan, puede ser ajustadas a la conveniencia de los requerimientos operacionales y a la comodidad de los buzos.

15-20.3 Precauciones Durante la Compresión. Durante la compresión la atmósfera de la cámara debe monitorearse cuidadosamente. La atmósfera de la cámara puede no mezclarse bien durante la compresión rápida, resultando en áreas de baja concentración de oxígeno.

15-20.4 Procedimientos de Aborto Durante la Compresión. El siguiente procedimiento de aborto está autorizado si ocurre un accidente durante la compresión. Consulte con un Oficial Medico de Buceo de Saturación antes de iniciar este procedimiento. Este procedimiento normalmente es usado para abortos a poca profundidad, donde la profundidad máxima y tiempo de fondo no exceden los límites de la tabla.

Usando las Tablas de HeO₂ suministrado desde superficie, aplica el siguiente procedimiento:

- **Profundidad.** Use la profundidad real de la cámara.
- **Tiempo de Fondo.** Si se uso aire en la compresión inicial, el tiempo de permanencia a profundidades menores de 40 pam, hasta un máximo de 60 minutos, no se cuenta como tiempo de fondo. Si se uso helio en la compresión inicial, el tiempo inicia cuando se deja la superficie.
- **Gas en el SIRI.** Mantenga el SIRI entre 1.5 – 2.8 ppO₂
- **Paradas.** Siga las paradas de la cédula de las Tablas de HeO₂ suministrado desde superficie.
- **Rompimientos de O₂.** Por cada 25 minutos de respiración del gas en el SIRI, tome 5 minutos de rompimiento respirando un gas entre 0.16 a 1.25 ata de ppO₂. Los 5 minutos de rompimiento cuentan como un tiempo de parada. El porcentaje más bajo de oxígeno no debe ser menor que 0.16 ata de ppO₂.

Una vez completada la descompresión del aborto, todos los buzos serán monitoreados estrechamente y observados por un mínimo de 24 horas. Para abortos de emergencia más profundos, más allá de los límites de las Tablas de HeO₂ suministrado desde superficie, refiérase al [párrafo 15-23.7.2](#).

15-21 PROFUNDIDAD DE VIVIENDA

Las Tablas de Excursión de Duración Ilimitada ([Tablas 15-7](#) y [15-8](#)) permiten realizar excursiones múltiples durante el curso del buceo de saturación. Cuando se usan estos procedimientos de excursión, el Supervisor de Buceo solo necesita interesarse de la profundidad de los buzos. Para usar estas tablas cuando se planee un buceo, seleccione una profundidad de vivienda en un rango que permita al buzo excursiones ascendentes o descendentes. La profundidad de trabajo o de la campana puede ser significativamente diferente que la profundidad de vivienda.

Cuando se use la [Tabla 15-8](#), entre a la tabla en la máxima profundidad alcanzada en las últimas 48 horas. Mientras que la cámara pueda estar a 400 pam, si un buzo ha alcanzado la profundidad de 460 pam durante una excursión en el agua, la máxima excursión ascendente para los buzos es a 360 pam en lugar de 307 pam. Después de terminar el trabajo a una profundidad y entonces comprimir la cámara a una profundidad de vivienda mayor, está permitido hacer excursiones ascendentes y descendentes inmediatamente después de alcanzar la nueva profundidad de vivienda. Cuando se descomprime la cámara desde una profundidad mayor usando los procedimientos de descompresión de saturación estándar, se pueden iniciar inmediatamente excursiones descendentes ilimitadas, una vez alcanzada la nueva profundidad de vivienda, como se define en la [Tabla 15-7](#). Es necesario que pasen un mínimo de 48 horas, desde que se llega a la nueva profundidad de vivienda antes de poder realizar excursiones ascendentes.

Ejemplo. Después de una descompresión desde 1,000 pam a 400 pam, la máxima excursión descendente es de 105 pam. Después de 48 horas a 400 pam, se permite una excursión ascendente total de 93 pam hasta 307 pam.

Si se mantienen menos de 48 horas en la nueva profundidad de vivienda, la máxima excursión ascendente se basará en la máxima profundidad alcanzada en las 48 horas precedentes.

Ejemplo. Ha sido realizada una descompresión desde 1,000 pam hasta 400 pam. Se permanece 24 horas en 400 pam. La bitácora de buceo muestra que la mayor profundidad alcanzada en las 48 horas precedentes es 496 pam. La máxima excursión ascendente según la [Tabla 15-8](#), basada en la profundidad de 496 pam, es a 396 pam (500 – 104) permitiendo un máximo de 4 pam de excursión ascendente. Después de 36 horas de permanencia en 400 pam, la bitácora muestra que la mayor profundidad alcanzada en las 48 horas precedentes fue 448 pam. De la [Tabla 15-8](#), la profundidad de la excursión ascendente es ahora a 351 pam.

La velocidad de ascenso no debe exceder de 60 pam/min durante una excursión. Cuando se detecta que el buzo está ascendiendo más rápido que 60 pam/min, debe parar inmediatamente y esperar que pase el tiempo suficiente para retornar a la cédula de 60 pam/min. El buzo puede entonces reanudar el ascenso a una velocidad que no excede 60 pam/min.

Si la profundidad de vivienda cae entre las profundidades listadas en la [Tabla 15-7](#), use la profundidad próxima menor (ej., si la profundidad de vivienda es 295 pam, entre a la [Tabla 15-7](#) en 290 pam). Si la profundidad de vivienda cae entre las profundidades listadas en la [Tabla 15-8](#), use la profundidad próxima mayor (ej., si la profundidad de vivienda es 295 pam, entre a la [Tabla 15-8](#) en 300 pam).

Tabla 15-7. Límites de Excursión Descendente de Duración Ilimitada.

Profundidad de Vivienda (pam)	Distancia MÁXIMA de Excursión Descendente (pies)	MÁXIMA Profundidad de Excursión (pam)
0	29	29
10	33	43
20	37	57
30	40	70
40	43	83
50	46	96
60	48	108
70	51	121
80	53	133
90	56	146
100	58	158
110	60	170
120	62	182
130	64	194
140	66	206
150	68	218
160	70	230
170	72	242
180	73	253
190	75	265
200	77	277
210	78	288
220	80	300
230	82	312
240	83	323
250	85	335
260	86	346
270	88	358
280	89	369
290	90	380
300	92	392
310	93	403
320	95	415
330	96	426
340	97	437
350	98	448
360	100	460
370	101	471
380	102	482
390	103	493
400	105	505

Profundidad de Vivienda (pam)	Distancia MÁXIMA de Excursión Descendente (pies)	MÁXIMA Profundidad de Excursión (pam)
410	106	516
420	107	527
430	108	538
440	109	549
450	111	561
460	112	572
470	113	583
480	114	594
490	115	605
500	116	616
510	117	627
520	118	638
530	119	649
540	120	660
550	122	672
560	123	683
570	124	694
580	125	705
590	126	716
600	127	727
610	128	738
620	129	749
630	130	760
640	131	771
650	132	782
660	133	793
670	133	803
680	134	814
690	135	825
700	136	836
710	137	847
720	138	858
730	139	869
740	140	880
750	141	891
760	142	902
770	143	913
780	144	924
790	144	934
800	145	945
810	146	956
820	147	967
830	148	978
840	149	989
850	150	1000

Tabla 15-8. Límites de Excursión Ascendente de Duración Ilimitada.

Profundidad de Vivienda (pam)	Distancia Máxima de Excursión Ascendente (pies)	Menor Profundidad de Excursión (pam)	Profundidad de Vivienda (pam)	Distancia Máxima de Excursión Ascendente (pies)	Menor Profundidad de Excursión (pam)
29	29	0	510	105	405
30	29	1	520	106	414
40	32	8	530	107	423
50	35	15	540	108	432
60	37	23	550	110	440
70	40	30	560	111	449
80	42	38	570	112	458
90	44	46	580	113	467
100	47	53	590	114	476
110	49	61	600	115	485
120	51	69	610	116	494
130	53	77	620	117	503
140	55	85	630	118	512
150	56	94	640	119	521
160	58	102	650	119	531
170	60	110	660	120	540
180	62	118	670	121	549
190	63	127	680	122	558
200	65	135	690	123	567
210	67	143	700	124	576
220	68	152	710	125	585
230	70	160	720	126	594
240	71	169	730	127	603
250	73	177	740	128	612
260	74	186	750	129	621
270	76	194	760	130	630
280	77	203	770	131	639
290	79	211	780	131	649
300	80	220	790	132	658
310	81	229	800	133	667
320	83	237	810	134	676
330	84	246	820	135	685
340	85	255	830	136	694
350	87	263	840	137	703
360	88	272	850	137	713
370	89	281	860	138	722
380	90	290	870	139	731
390	92	298	880	140	740
400	93	307	890	141	749
410	94	316	900	142	758
420	95	325	910	142	768
430	96	334	920	143	777
440	97	343	930	144	786
450	99	351	940	145	795
460	100	360	950	146	804
470	101	369	960	146	814
480	102	378	970	147	823
490	103	387	980	148	832
500	104	396	990	149	841
			1000	150	850

15-21.1 Ejemplos de la Tabla de Excursión.

Ejemplo 1. La cámara fue comprimida a 400 pam desde la superficie. La profundidad inicial en la [Tabla 15-7](#) es 400 pam. La máxima excursión descendente para un periodo ilimitado sin requerir descompresión es de 105 pam, permitiendo una máxima profundidad de buceo de 505 pam. Si el buzo desciende a 450 pam, la profundidad máxima alcanzada desde los 400 pam de profundidad de vivienda será 450 pam. [La Tabla 15-8](#) a 450 pam permite 99 pam de excursión ascendente hasta una profundidad de 351 pam. Así, estos buzos pueden moverse libremente entre las profundidades de 351 y 450 pam, mientras tienen una profundidad de vivienda de 400 pam.

Ejemplo 2. A una profundidad de vivienda de 600 pam, durante la cual se hicieron buceos a 650 pam, la máxima excursión ascendente que puede hacerse para iniciar la descompresión de saturación es:

- Si han pasado menos de 48 horas desde la excursión a 650 pam, la [Tabla 15-8](#) permite una máxima excursión ascendente de 119 pam, desde la profundidad de 650 pam hasta 531 pam.
- Si han pasado más de 48 horas desde la excursión, la máxima excursión ascendente permitida es de 115 pam, desde 600 pam hasta 485 pam.

Ejemplo 3. En la nueva menor profundidad de vivienda de 350 pam, los buzos realizan una excursión a 400 pam. Usando la profundidad de 400 pam como la mayor alcanzada durante la vivienda a 350 pam, es permitida por la [Tabla 15-8](#) una máxima excursión ascendente de 93 pam hasta la profundidad de 307 pam, a condición de que la cámara y los buzos hayan estado en la profundidad de vivienda de 350 pam por un mínimo de 48 horas. De otra manera, no está permitida la excursión ascendente.

15-21.2 Procedimientos de Buceo con Campana.

Las operaciones de buceo con campana actuales, están dictadas por las instrucciones de operación de la Unidad. En la realización de estas operaciones, la experiencia indica que un tiempo máximo de 4 horas en el agua es el óptimo para la eficiencia del buzo. Los tiempos de buceo más largos dan como resultado la pérdida de la efectividad del buzo debido a la fatiga y exposición, mientras que los buceos más cortos incrementarán significativamente el tiempo a la profundidad para el término de las operaciones. La práctica normal es rolar a los buzos que están en el agua con los operadores de la campana, permitiendo realizar 2 buceos de 4 horas durante una sola excursión de la campana al lugar de trabajo. Es importante colocar la campana cerca del lugar de trabajo, para asegurar que el buzo no exceda el límite de excursión máximo permitido ([Figura 15-8](#)).

15-21.2.1 Procedimientos de Despliegue de la Campana.

Lo siguiente es un breve resumen de los procedimientos de despliegue de la campana:

1. Para la presurización inicial, la campana, con la compuerta interior abierta, normalmente es acoplada a la cámara. Los buzos entran a la cámara y aseguran las compuertas.
2. La cámara y campana son presurizadas a la profundidad del fondo. Los buzos se transfieren a la campana y aseguran las compuertas de la cámara y campana.
3. Se purga el tronco a la superficie y entonces la campana es desplegada y bajada a la profundidad de trabajo. La puerta es abierta cuando las presiones del agua e interna de la campana son igualadas. Los buzos se ponen el equipo de buceo y salen de la campana.

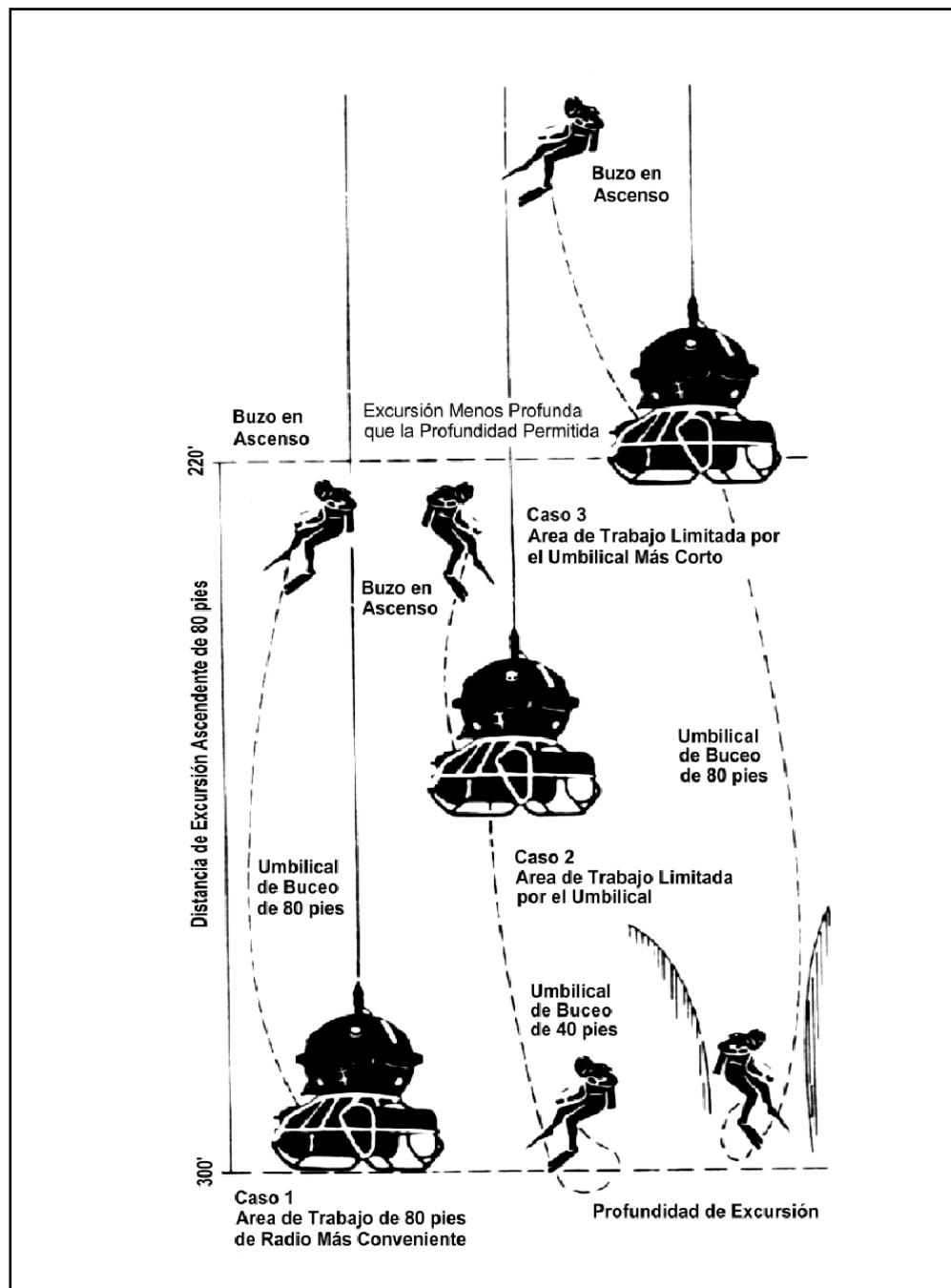


Figura 15-8. Posición Relativa de la Campana para Límites de Excursión.

4. Los buzos retornan a la campana y aseguran la puerta. La campana es recuperada y se acopla a la cámara, entonces los buzos se pasan a la cámara. Hasta que son descomprimidos en la cámara, los buzos rotan entre períodos de vivienda en la cámara y de trabajo en el fondo. Los proyectos subacuáticos profundos que requieren moderado tiempo de fondo o que las actividades de los buzos incluyan trabajos a diversas profundidades, son realizados en el modo de saturación con excursiones de buceo. La campana y la cámara son presurizadas para una profundidad de vivienda dentro de los límites de ascenso y descenso de las Tablas de Excursión de Duración Ilimitada ([Tablas 15-7 y 15-8](#)), maximizando la eficiencia para buceos profundos y prolongados. Una vez

que la saturación de los tejidos es alcanzada, los requerimientos de descompresión no se incrementan mucho.

15-22 PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA EN EL SISTEMA DE BUCEO PROFUNDO (SBP)

Las emergencias mayores de un SBP incluyen la pérdida del control de la atmósfera, pérdida del control de la profundidad y fuego en la cámara. Las emergencias serán cubiertas por procedimientos preparados localmente y procedimientos de emergencia aprobados por NAVSEA o NAVFAC. Las siguientes son las guías para el establecimiento de estos procedimientos.

- 15-22.1 Pérdida del Control de la Atmósfera de la Cámara.** La pérdida del control de la atmósfera de la cámara incluye la pérdida del control del oxígeno, nivel alto de bióxido de carbono, contaminación de la atmósfera de la cámara y pérdida del control de la temperatura.
- 15-22.1.1 Pérdida del Control del Oxígeno.** Los buzos pueden estar en la cámara expuestos con seguridad a presiones parciales de oxígeno entre 0.16 y 1.25 ata; sin embargo, se deben implementar esfuerzos inmediatos para corregir el problema y restablecer los niveles normales de oxígeno. Para una presión parcial de oxígeno desde 0.16 a 0.48 ata, puede usarse el sistema normal de adición de oxígeno para incrementar el nivel lentamente con el tiempo. Para una presión parcial de oxígeno arriba de 0.48, puede ser necesario cerrar el sistema de adición de oxígeno y permitir que la respiración de los buzos baje el oxígeno de la cámara al nivel normal. La [Tabla 15-3](#) muestra los tiempos límites de exposición de oxígeno en la cámara. Si estos límites son excedidos, los buzos deben colocarse en el SIRI y la cámara ser ventilada para reducir el nivel de oxígeno.
- 15-22.1.2 Pérdida del Control del Bióxido de Carbono.** Cuando el sistema de soporte de vida de la cámara pierde su capacidad para absorber bióxido de carbono, el nivel de CO₂ dentro de la cámara se elevará a una velocidad dependiente del tamaño de la cámara y de la proporción de producción combinada de los buzos. Un nivel de CO₂ incrementado puede ser el resultado del agotamiento del absorbente de CO₂ o el inadecuado flujo de gas a través de la canastilla con absorbente. Si después de cambiarse el absorbente de CO₂ el nivel no es llevado debajo de 0.005 ata (3.8 mmHg), el flujo a través de la canastilla puede ser inadecuado. Los buzos estarán con SIRI cuando el nivel de CO₂ en la cámara excede de 0.06 ata (45.6 mmHg).
- 15-22.1.3 Contaminación de la Atmósfera.** Si es detectado un olor anormal o si varios buzos reportan síntomas de irritación ocular o pulmonar, tos, dolor de cabeza o deterioro en el desempeño, se debe sospechar de contaminación de la atmósfera de la cámara. Los buzos se colocarán en el SIRI y se ejecutarán los procedimientos de emergencia. Se debe aislar a los buzos en la parte del complejo que se piense esté menos contaminado. Se examina la atmósfera de la cámara usando tubos detectores químicos o colectando una muestra de gas para análisis en la superficie, como se describió en el párrafo [15-19.2](#). Si se encuentra contaminación de la atmósfera, los buzos deben moverse a la cámara o campana con el menor nivel de contaminación y esta cámara se aislará del resto del complejo.
- 15-22.1.4 Interpretación de los Análisis.** Los límites de los contaminantes permitidos dentro de un sistema de buceo están basados en el Umbral de Valores Límite (UVL) para Substancias Químicas y Agentes Físicos, guías publicadas por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH). Los UVL son la concentración tiempo-peso promedio para un día de trabajo de 8 horas y 40 horas de trabajo a la semana, que es cerca de lo que todos los trabajadores pueden estar repetidamente expuestos día tras día sin efectos adversos. Estas guías son publicadas anualmente y deben usarse para determinar la aceptabilidad. Ya que la presión parcial de un gas es generalmente la causa de sus efectos fisiológicos, los límites publicados deben ser corregidos para la profundidad máxima esperada (ata) del sistema de buceo.

La solución a un problema de contaminación se centra alrededor de identificar la fuente de la contaminación y su corrección. Las muestras de gas de fuentes sospechosas deben ser examinadas por contaminantes. Se deben dar especial atención a las secciones de tubería que se hayan cambiado o limpiado recientemente, mangueras de gases y umbilicales de buceo, cualquiera de los cuales pueden contener residuos de solventes de limpieza. Las cámaras despresurizadas deben ser ventiladas completamente con aire o una mezcla respirable de helio-oxígeno (para prevenir hipoxia en el personal de mantenimiento), inspeccionadas y lavadas completamente para remover los residuos contaminantes. Estas cámaras pueden ser entonces comprimidas a profundidad usando un banco de gas que esté libre de contaminantes, los buzos pueden ser transferidos a esta cámara, y el proceso de limpieza en superficie puede ser repetido en las cámaras remanentes. Después de la limpieza y compresión a profundidad, la cámara debe ser examinada periódicamente por la recurrencia de contaminación.

- 15-22.1.5 Pérdida del Control de la Temperatura.** Una pérdida del control de la temperatura de más de 2-3°F arriba o abajo del nivel de bienestar de los buzos puede conducir a estrés térmico severo. Los estudios han mostrado que la pérdida de calor por transpiración es menos efectiva en una atmósfera hiperbárica. El calentamiento de una cámara para reducir el frío en los buzos puede resultar en que los buzos empiecen a sobrecalentarse rápidamente. Un golpe de calor puede entonces llegar a ser una posibilidad. El calentamiento potencial incontrolado ocurre cuando la cámara y campana están expuestas a los rayos solares directos.

Cuando la temperatura de la cámara cae, los buzos empiezan con escalofríos intensos y se desarrolla hipotermia, a menos que se tomen medidas rápidas y agresivas para corregir el problema. Los buzos pueden ser provistos con ropas aislantes, cobertores y bolsas para dormir. El mejor de estos aislantes es de efectividad limitada dentro del ambiente de helio-oxígeno y proporcionará protección marginal hasta que el problema pueda ser corregido. Se han diseñados sistemas especiales de protección térmica para usarse dentro de las cámaras. Estos sistemas incluyen prendas de protección térmica, almohadillas aislantes o hamacas y combinaciones de sistemas regeneradores del calor respiratorio con absorbente de óxido de carbono.

- 15-22.2 Pérdida del Control de la Profundidad.** La pérdida del control de la profundidad está definida como una pérdida o ganancia de presión que no puede ser controlada con las posibilidades normales del sistema. Cuando esto sucede, se debe recuperar a todos los buzos inmediatamente y colocarlos con el SIRI. Intente controlar la profundidad sacando el exceso de gas o añadiendo helio para minimizar la pérdida de profundidad hasta que la causa pueda ser encontrada y corregida. Si el cambio de profundidad es mayor al permitido por las Tablas de Excursión de Duración Ilimitada, se debe regresar a los buzos inmediatamente a la profundidad original de vivienda y notificar al Oficial Medico de Buceo.

- 15-22.3 Fuego en las Cámaras.** Ya que el fuego dentro de las cámaras puede progresar rápidamente, los buzos y los operadores de cámaras deben activar inmediatamente el sistema de extinción de fuego y cerrar el sistema de inyección de oxígeno tan pronto como se sospeche el fuego. Cuando el sistema contra fuego sea activado, todos los buzos deben colocarse en el SIRI. Los operadores de cámaras deben monitorear cuidadosamente la profundidad, ya que un fuego extenso causará el incremento de presión. Si el sistema contra fuego falla, la compresión rápida con helio puede extinguir el fuego al bajar la concentración de O₂ y promover la transferencia de calor. Después de extinguir el fuego, se deben seguir los procedimientos de emergencia por contaminación de la atmósfera.

- 15-22.4 Emergencias de la Campana.** Las emergencias de la campana, como las de las cámaras, requieren una respuesta uniforme, pronta y específica para prevenir daño o accidentes en los buzos, operadores y equipo.

15-23 DESCOMPRESION DE SATURACION

La descompresión de saturación puede ser iniciada con una excursión ascendente tan larga como se mantenga dentro de los límites permitidos por las Tablas de Excursión de Duración Ilimitada. La alternativa es iniciar el ascenso a la velocidad de descompresión apropiada sin la excursión ascendente. Las velocidades de descompresión se encuentran en la [Tabla 15-9](#).

Tabla 15-9. Velocidades de Descompresión de Saturación.

Profundidad	Velocidad
1,600 – 200 pam	6 pies por hora
200 – 100 pam	5 pies por hora
100 – 50 pam	4 pies por hora
50 – 0 pam	3 pies por hora

- 15-23.1 Profundidad de Excursión Ascendente.** La mínima profundidad a la cual puede hacerse la excursión ascendente se encuentra entrando en la [Tabla 15-8](#) con la mayor profundidad alcanzada por cualquier buzo en las 48 horas precedentes. La elección de la excursión ascendente total es determinada por el Oficial y el Jefe de Buceo, y aprobada por el Comandante, tomando en consideración los factores ambientales, la carga de trabajo y la condición física de los buzos.
- 15-23.2 Velocidad de Ascenso.** La velocidad de ascenso para la excursión ascendente es de 2 pam/min. El inicio de la descompresión con una excursión ascendente ahorra considerable tiempo y puede ser utilizada siempre que sea práctica.
- 15-23.3 Parada Posterior a la Excursión.** Debido al incremento del riesgo de enfermedad de descompresión después de una excursión ascendente para buceos con una profundidad de vivienda de 200 pam o menos, debe utilizarse una parada de 2 horas posterior a la excursión. Las 2 horas de parada inician una vez que se llega a la profundidad de la excursión ascendente.
- 15-23.4 Paradas de Descanso.** Durante la descompresión, esta se detiene por un total de 8 horas por cada 24 horas. Las 8 horas se deben dividir en por lo menos 2 períodos conocidos como “Paradas de Descanso”. A qué horas ocurren estas paradas de descanso son determinadas por la rutina diaria y el programa de operaciones. Las 2 horas posteriores a la excursión pueden considerarse como una de estas paradas de descanso.
- 15-23.5 Velocidades de la Descompresión de Saturación.** La [Tabla 15-9](#) muestra las velocidades de descompresión de saturación. La descompresión de saturación es ejecutada descomprimiendo la cámara en incrementos de 1 pie, no excediendo 1 pam por minuto. Por ejemplo, usando una velocidad de ascenso de 6 pies por hora, se descomprimirá la cámara 1 pie cada 10 minutos. La última parada de descompresión antes de alcanzar la superficie puede ser tomada a 4 pam, para asegurar que no ocurrirá una salida temprana a superficie y para que el flujo de gas a los instrumentos de monitoreo de la atmósfera permanezca adecuado. Esta última parada será de 80 minutos, seguida del ascenso directo a superficie a 1 pam/min.

El ascenso es realizado durante 16 horas en cada periodo de 24 horas. Un ejemplo de ascenso/descanso diario acorde con un ciclo normal día /noche es:

Cédula de Rutina Diaria

2400 – 0600	Parada de Descanso
0600 – 1400	Ascenso
1400 – 1600	Parada de Descanso
1600 – 2400	Ascenso

Esta cédula minimiza el ascenso cuando los buzos normalmente están durmiendo. Sin embargo, tal rutina diaria no es obligatoria. Son aceptables otras rutinas con periodos de 16 horas de ascenso por cada 24 horas, si bien, ellas incluirán cuando menos 2 periodos de paradas dispersos en el periodo de las 24 horas completas y el ascenso puede continuar mientras los buzos duermen. Un ejemplo de una cédula alterna es:

Ejemplo de Cédula Alterna

2300 – 0500	Ascenso
0500 – 0700	Parada de Descanso
0700 – 0900	Ascenso
0900 – 1500	Parada de Descanso
1500 – 2300	Ascenso

El horario de las paradas depende de los requerimientos operacionales.

15-23.6

Control de la Atmósfera en Profundidades Superficiales. Como se estableció previamente, la presión parcial de oxígeno se mantendrá en la cámara entre 0.44 y 0.48 ata, con dos excepciones. La primera es antes de hacer la Excursión Ascendente inicial y la segunda durante la porción terminal de la descompresión de saturación. Aproximadamente 1 hora antes de iniciar la Excursión Ascendente, la ppO₂ de la cámara puede ser incrementada hasta un máximo de 0.6 ata, para asegurar que la ppO₂ después de la excursión no caerá excesivamente. La ppO₂ debe ser elevada justo lo suficiente para que posterior a la excursión no exceda de 0.48 ata. Sin embargo, cuando la excursión inicia desde profundidades de 200 pam o menos, la ppO₂ de 0.6 ata previa a la excursión resultará en una ppO₂ de menos de 0.44 ata al terminarla. En estos casos, la ppO₂ previa a la excursión no debe exceder de 0.6 ata, pero la ppO₂ posterior a la excursión debe incrementarse tan rápido como sea posible.

La segunda excepción es cuando la cámara está a poca profundidad. Conforme disminuye la profundidad de la cámara, se incrementa la concentración fraccional de oxígeno necesaria para mantener una presión parcial dada. Si la ppO₂ de la cámara fuera mantenida todo el tiempo a 0.44 – 0.48 ata hasta la superficie, el porcentaje de O₂ de la cámara se elevaría a 44 – 48 por ciento. Por lo tanto, para la porción terminal de la descompresión de saturación, el porcentaje de oxígeno permisible es entre 19 y 23 por ciento. El máximo porcentaje de oxígeno para la porción terminal de la descompresión no excederá de 23 por ciento, basándose en las consideraciones de riesgo de fuego.

15-23.7

Aborto de Misión de Buceo de Saturación. Si esto es necesario para terminar un buceo de saturación después de exceder los límites de aborto (ver [párrafo 15-20.4](#)), deberán seguirse los procedimientos de descompresión de saturación estándar.

15-23.7.1

Casos de Emergencia. En casos excepcionales podría ser necesario ejecutar un aborto de misión y no poder adherirse a los procedimientos de descompresión de saturación estándar. Los procedimientos de aborto de emergencia solo deben ser realizados por accidentes imprevistos graves, que requieren la desviación de los procedimientos de descompresión estándar, tales como:

- Una falla irreparable del equipo básico primario y en el de respaldo relacionado en el sistema de buceo, que podría evitar seguir los procedimientos de descompresión estándar.
- Daño irreparable en el barco o instalación de soporte de buceo.
- Una emergencia médica que amenace la vida, donde el riesgo de no llevar al paciente a la instalación de cuidados médicos más especializados, excedería el incremento de los

riesgos de toxicidad pulmonar por oxígeno o enfermedad de descompresión impuestos al paciente por no seguir los procedimientos de descompresión de saturación estándar.

Se desarrolló un Procedimiento de Aborto de Emergencia, y ha sido probado limitadamente. Hace posible sacar a los buzos a superficie más pronto, que los que se permite normalmente. Sin embargo, el tiempo ahorrado puede ser insignificante para el tiempo total de descompresión requerido, especialmente si los buzos han estado bajo presión por 12 horas o más. Además, la ejecución del Procedimiento de Aborto de Emergencia incrementa en los buzos el riesgo de enfermedad de descompresión y complicaciones por toxicidad pulmonar por oxígeno.

Antes de ejecutar un procedimiento de aborto de misión que no siga los procedimientos de descompresión estándar o los procedimientos de aborto contenidos en el [párrafo 15-20.4](#), el Comandante debe sopesar el riesgo de la acción, confiando en el consejo y recomendaciones del Jefe de Buceo, del Oficial de Buceo y del Oficial Medico de Buceo de Saturación. Especialmente, debe determinarse si el tiempo ahorrado beneficiará a la vida del buzo a pesar del incremento de los riesgos, y si el Procedimiento de Aborto de Emergencia puede ser soportado logísticamente.

NOTA

El diseño del sistema de buceo de la USN incorpora suministros de gas primario, secundario y de tratamiento separados, y redundancia del equipo básico. No es la intención de esta sección ni es un requerimiento que los sistemas de buceo de saturación sean configurados con almacenamiento de gas adicional específicamente dedicados a la ejecución de un procedimiento de aborto de emergencia. El aumento de los suministros de gas si se requiere, será obtenido retornando a puerto o recibiendo suministros adicionales en el sitio.

Excepto en situaciones donde la naturaleza o la susceptibilidad del tiempo de la emergencia no lo permiten, debe buscarse asistencia técnica y médica de la Unidad de Buceo Experimental de la Marina antes de la desviación de los procedimientos de descompresión de saturación estándar.

- 15-23.7.2 **Procedimiento de Aborto de Emergencia.** Los procedimientos de Aborto de Emergencia solo deben ser realizados para accidentes graves que son críticos en tiempo. Los tiempos de descompresión y presiones parciales de oxígeno para los abortos de emergencia de saturación con helio-oxígeno se muestran en la [Tabla 15-10](#).

Tabla 15-10. Tiempos de Descompresión y ppO₂ en Aborto de Emergencia.

Profundidad Posterior a Excursión (pam)	ppO ₂ (ata)	Tiempo de Parada por 1 Pie (min)	
		1000 – 200 pam	200 – 0 pam
0 – 203	0.8	11	18
204 – 272	0.7	11	19
273 – 1000	0.6	12	21

La descompresión en el Aborto de Emergencia se inicia haciendo la máxima Excusión Ascendente permitida por la [Tabla 15-8](#). La velocidad de ascenso no debe exceder de 2 pam/min. La excusión ascendente incluye una parada de 2 horas en el límite de la excusión. El tiempo de ascenso es incluido como parte de las 2 horas de parada. Después de la Excusión Ascendente, la presión parcial de oxígeno de la cámara se eleva a los valores mostrados en la [Tabla 15-10](#). La descompresión comienza con incrementos de 1 pie usando los tiempos indicados en la [Tabla 15-10](#). La velocidad de ascenso entre paradas no excederá de 1 pam/min. El tiempo de ascenso es incluido en el tiempo de la próxima parada. La

presión parcial de oxígeno es controlada en los valores indicados hasta que la concentración de oxígeno de la cámara alcanza 23 por ciento. La concentración de oxígeno es entonces controlada entre 19 y 23 por ciento por el resto de la descompresión. El ascenso se detiene a 4 pam hasta que el tiempo total de descompresión ha pasado y entonces se asciende a la superficie a 1 pam/min.

Por ejemplo, la profundidad máxima del buzo en las últimas 48 horas fue 400 pam, y el Comandante aprueba el uso del Procedimiento de Aborto de Emergencia. De la Tabla de Excursión Ascendente, el complejo asciende a 307 pam a una velocidad que no excede 2 pam/min. Esto toma 46.5 minutos. Este tiempo es parte de una parada de 2 horas requerida como parte de la excursión ascendente para abortos de emergencia.

Ya que la profundidad posterior a la excursión es entre 273 – 1,000 pam, la presión parcial de oxígeno de la cámara es elevada a 0.6 ata. Una vez que la atmósfera es estabilizada y el remanente de las 2 horas de parada es completado, inicia la descompresión en incrementos de 1 pie con tiempos de parada de 12 minutos desde 307 hasta 200 pam. La velocidad de ascenso entre paradas no debe exceder de 1 pam/min. El tiempo de ascenso es incluido en el tiempo de parada. Tomará 21.4 horas para arribar a 200 pam.

A 200 pam el tiempo de paradas por pie cambia a 21 minutos. Tomará 70 horas para alcanzar la superficie. El tiempo total de descompresión es de 93.4 horas (3 días, 21 horas, 21 minutos, 36 segundos). Por contraste, la descompresión de saturación estándar tomaría aproximadamente 4 días y 3 horas para completarla.

Durante y después del buceo, los buzos deben ser monitoreados estrechamente por signos de enfermedad de descompresión y por signos de toxicidad pulmonar por oxígeno. Lo último incluye dolor ardoroso en el pecho y tos. Los buzos deben ser mantenidos bajo atenta observación por un mínimo de 24 horas después del buceo.

Si la emergencia se suspende durante la descompresión, se detiene por un mínimo de 2 horas, se vuelve a las velocidades de descompresión estándar, y se permite que la presión parcial de oxígeno caiga a los valores de control normales dejando que los buzos consuman el oxígeno. No es necesario ventilar para reducir el nivel de oxígeno.

15-23.8 Enfermedad de Descompresión (EDD). Las enfermedades de descompresión pueden ocurrir durante un buceo de saturación como resultado de una Excursión Ascendente o de una descompresión de saturación estándar. Las enfermedades de descompresión pueden manifestarse por sí mismas como dolor musculo-esquelético (Tipo I) o involucrando al sistema nervioso central y órganos de sentidos especiales (Tipo II). Debido a la sutileza del dolor en la enfermedad de descompresión, todos los buzos deben ser cuestionados acerca de síntomas cuando se determina que un buzo está sufriendo de enfermedad de descompresión. Para el tratamiento, refiérase a la [Figura 15-9](#).

15-23.8.1 Enfermedad de Descompresión Tipo I. Las Enfermedades de Descompresión Tipo I pueden resultar de una Excursión Ascendente o como el resultado de una descompresión de saturación estándar. Se manifiestan normalmente como dolor musculo-esquelético de instalación gradual, comprometiendo más frecuentemente a las rodillas. Los buzos reportan que empieza como una rigidez en las rodillas que se alivia con el movimiento, pero que incrementa a dolor en un periodo de varias horas. Debe tenerse cuidado de distinguir el dolor de la rodilla originado por artralgia debido a la compresión, o una lesión ocurrida durante el buceo, del dolor ocasionado por una enfermedad de descompresión. Usualmente esto puede hacerse obteniendo una historia clara de la instalación y evolución de los síntomas. El dolor o la molestia que se presenta antes de la descompresión y que no cambia después del ascenso, es improbable que sea una enfermedad de descompresión.

ANEXO A2
DIAGRAMA DE FLUJO DEL TRATAMIENTO
DE ENFERMEDAD DE DESCOMPRESION EN SATURACION

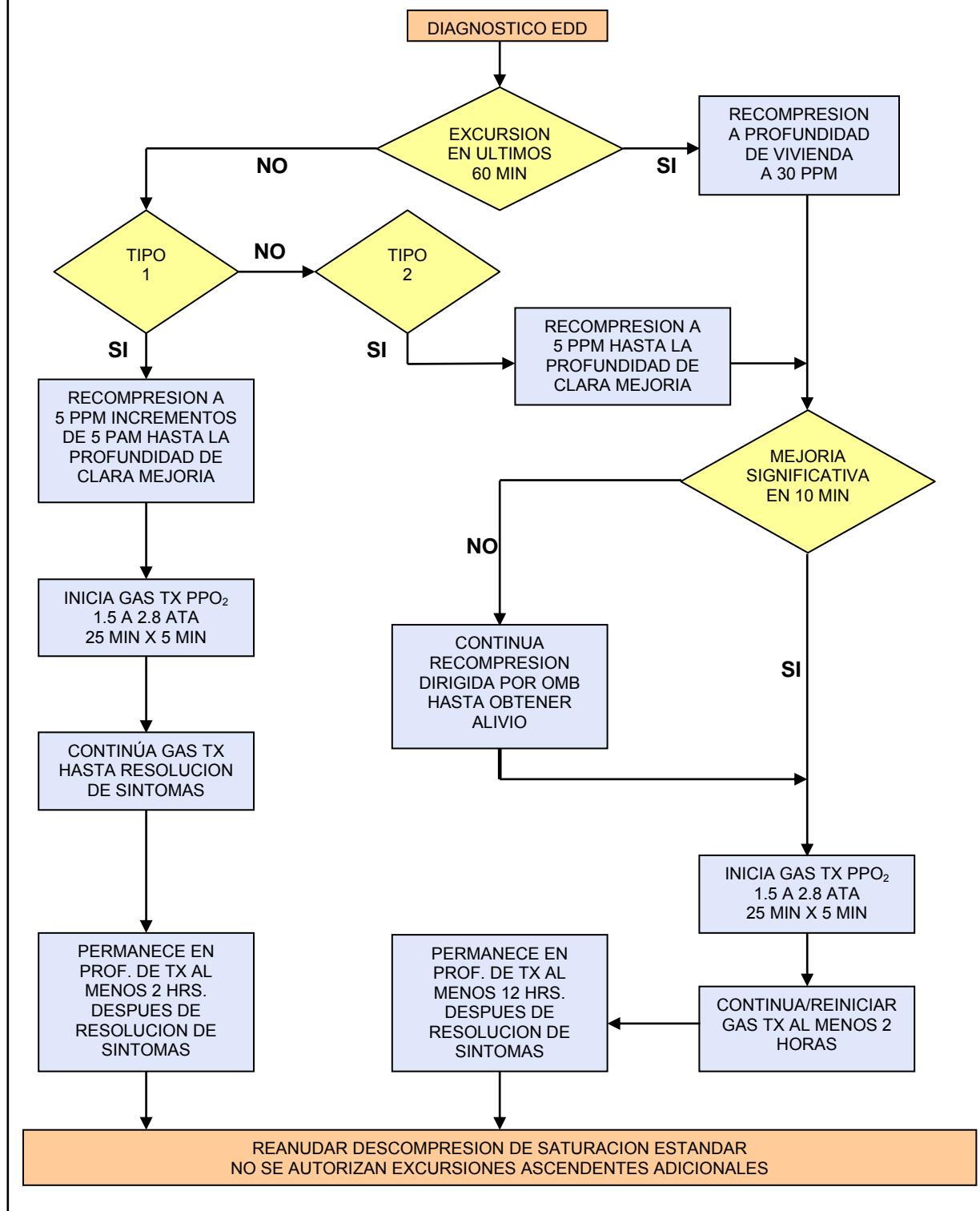


Figura 15-9. Diagrama de Flujo del Tratamiento de Enfermedad de Descompresión en Saturación.

Las Enfermedades de Descompresión Tipo I que ocurren durante una Excursión Ascendente o dentro de 60 minutos inmediatamente después de ella, deben ser tratadas de la misma manera que las Enfermedades de Descompresión Tipo II, ya que puede ser el preámbulo de la aparición de síntomas más severos. Las Enfermedades de Descompresión Tipo I que ocurren después de 60 minutos de haber hecho una Excursión Ascendente o durante la descompresión de saturación, deben ser tratadas con recompresión en incrementos de 5 pam a 5 pam/min hasta que se indique una clara mejoría de los síntomas. La recompresión de más de 30 pam es usualmente innecesaria. Una vez que se alcanzó la profundidad de tratamiento, se le da un gas de tratamiento al buzo afectado por mascarilla del SIRI, con una presión parcial de oxígeno entre 1.5 y 2.8 ata. La respiración del gas de tratamiento se interrumpe cada 25 minutos con 5 minutos de respiración de la atmósfera de la cámara. Los buzos deben permanecer en la profundidad de tratamiento por un mínimo de 2 horas con el gas de tratamiento después de la resolución de los síntomas. Entonces, la descompresión puede continuarse usando las velocidades de descompresión de saturación estándar. No se permite hacer Excursiones Ascendentes adicionales.

- 15-23.8.2 **Enfermedad de Descompresión Tipo II.** Las Enfermedades de Descompresión Tipo II en buceo de saturación ocurren más frecuentemente como resultado de una Excursión Ascendente. La aparición de los síntomas usualmente es rápida, ocurriendo durante la Excursión Ascendente o dentro de la primera hora después de la excursión. Las enfermedades de descompresión del oído interno se manifiestan por sí mismas como náusea y vómito, vértigo, pérdida del equilibrio, zumbido de oídos y pérdida de la audición. Las enfermedades de descompresión del sistema nervioso central (SNC) pueden presentarse como debilidad, parálisis muscular o pérdida del estado de alerta y de la memoria. Las Enfermedades de Descompresión Tipo II que resulten de una Excursión Ascendente son una emergencia médica y deben ser tratadas con recompresión inmediata a 30 pam/min a la profundidad desde donde se originó la Excursión Ascendente. Cuando los síntomas de Enfermedad de Descompresión Tipo II no ocurren en asociación con una Excursión Ascendente, debe tomar lugar la compresión a 5 pam/min hasta la profundidad donde es notada clara mejoría. Una vez alcanzada la profundidad de tratamiento, los síntomas usualmente empiezan a abatirse rápidamente. Si los síntomas no mejoran significativamente dentro de 5 a 10 minutos en la profundidad inicial de tratamiento, se debe iniciar recompresión a mayor profundidad, bajo la recomendación de un Oficial Médico de Buceo de Saturación, hasta que se obtiene un alivio significativo. Después de alcanzar la profundidad de tratamiento final, debe administrarse gas de tratamiento al buzo afectado, teniendo una presión parcial de oxígeno de 1.5 a 2.8 ata, en períodos de 25 minutos intercalados con 5 minutos de respiración de la atmósfera de la cámara. El gas de tratamiento debe ser administrado por lo menos 2 horas, y los buzos deben permanecer en la profundidad de tratamiento final por un mínimo de 12 horas después de la resolución de los síntomas. La descompresión puede entonces reanudarse usando las velocidades de descompresión de saturación estándar mostradas en la [Tabla 15-9](#). No son permitidas Excursiones Ascendentes adicionales.

15-24 PROCEDIMIENTOS POSTERIORES AL BUCEO

Después de salir a superficie, los buzos están aún en riesgo de enfermedad de descompresión. Los buzos deben permanecer en la vecindad inmediata de la cámara por 2 horas y dentro de 30 minutos de viaje de una cámara por 48 horas después del buceo. Los buzos no deben volar por 72 horas posteriores al buceo.

Página en blanco intencionalmente

CAPITULO 16

Procedimientos para Mezclado de Gas Respirable

16-1 INTRODUCCION

- 16-1.1** **Objetivo.** El objetivo de este capítulo es familiarizar a los buzos con las técnicas utilizadas para mezclar el gas respirable de los buzos.
- 16-1.2** **Alcance.** Este capítulo señala los procedimientos utilizados en la mezcla de gas para respiración y tratamiento de los buzos.

16-2 PROCEDIMIENTOS DE MEZCLADO

Dos o más gases puros, o mezclas de gases, pueden ser combinados por una variedad de técnicas para formar una mezcla final de composición predeterminada. Esta sección discute las técnicas para mezclado de gases. A bordo de los barcos, donde el espacio es limitado y el movimiento puede afectar la exactitud de las escalas de precisión, los gases normalmente son mezclados por presión parcial o por sistemas de mezclado por flujo continuo. Los métodos de mezclado por volumen o peso son más convenientes para usar en instalaciones en la costa, ya que el procedimiento requiere grandes y herméticos tanques de gas y escalas de precisión.

- 16-2.1** **Mezclado por Presión Parcial.** El mezclado de gases en proporción a sus presiones parciales en la mezcla final, es el método comúnmente utilizado en la mayoría de las instalaciones de la Marina. El principio básico detrás de este método es la Ley de las Presiones Parciales de Dalton, la cual establece que la presión total de una mezcla es igual a la suma de las presiones parciales de todos los gases en la mezcla.

La presión parcial de un gas en una mezcla puede calcularse usando el método del gas ideal (gas perfecto) o el método de gas real. El método de gas ideal asume que la presión es directamente proporcional a la temperatura y densidad de un gas. El método de gas real adicionalmente toma en cuenta el factor de que algunos gases se comprimirán más o menos que otros gases.

La compresibilidad es una propiedad física de cada gas. El helio no se comprime tanto como el oxígeno.

Si dos cilindros con el mismo volumen interno son llenados a la misma presión, uno con oxígeno y el otro con helio, el cilindro con oxígeno tendrá más pies cúbicos de gas que el cilindro de helio. A medida que la presión es incrementada y/o a medida que la temperatura es disminuida en ambos cilindros, la diferencia relativa en la cantidad de gas en cada cilindro se incrementa por consiguiente. El mismo fenómeno resulta cuando dos gases son mezclados en un cilindro. Si un cilindro vacío es llenado a 1,000 psia con oxígeno y rellenado a 2,000 psia con helio, la mezcla resultante contiene más oxígeno que helio.

Estando consciente de las diferencias en la compresibilidad de varios gases, normalmente es suficiente para evitar los problemas que frecuentemente son encontrados cuando se mezclan gases.

Cuando se utilizan los procedimientos del gas ideal, un buzo debe agregar menos oxígeno que el pedido, para analizar la mezcla resultante y compensar como se requiera. Estos procedimientos toman en consideración la compresibilidad de los gases que están siendo mezclados. Sin hacer caso de las bases de los cálculos utilizados para determinar las presiones parciales finales de los gases constituyentes, la mezcla siempre debe ser analizada por el contenido de oxígeno antes de usar.

16-2.2

Procedimiento de Mezclado por el Método del Gas Ideal. La mezcla de gas puede ser preparada en un cilindro a la vez o para y desde múltiples cilindros. El equipo requerido es gas inerte, oxígeno, cilindros para mezcla, un analizador de oxígeno y un panel de mezclado. Un sistema de transferencia de gas puede o no ser utilizado. El arreglo típico de mezclado es mostrado en la [Figura 16-1](#) y en la [Figura 16-2](#). Para mezclar gas utilizando el método de gas ideal:

1. Mida la presión en el cilindro(s) de gas inerte P_I .
2. Calcule la presión en el cilindro(s) de mezcla de gas después del mezclado, utilizando la siguiente ecuación:

$$P_F = \frac{P_I + 14.7}{A} - 14.7$$

Donde:

P_F = Presión final del cilindro de la mezcla, psig*

P_I = Presión del cilindro de gas inerte, psig

A = Porcentaje decimal del gas inerte en la mezcla final

* P_F no puede exceder la presión de trabajo del cilindro de gas inerte.

3. Mida la presión en el cilindro(s) de oxígeno, P_O .
4. Determine si hay suficiente presión en el cilindro(s) de oxígeno para realizar la mezcla con o sin una bomba de transferencia de oxígeno.

$$P_O \geq (2P_F - P_I) + 50$$

Donde:

P_O = Presión en el cilindro de oxígeno, psig

50 = Sobre presión mínima requerida, psi

\geq significa más grande que o igual a

5. Conecte el gas inerte y el cilindro(s) de oxígeno utilizando una disposición mostrada en la [Figura 16-1](#) ó [Figura 16-2](#).
6. Abra la válvula(s) de los cilindros de mezcla.
7. Abra la válvula de los cilindros de oxígeno. Vierta oxígeno en los cilindros de mezcla de gas a una velocidad máxima de 70 psi por minuto hasta que la P_F deseada es alcanzada.

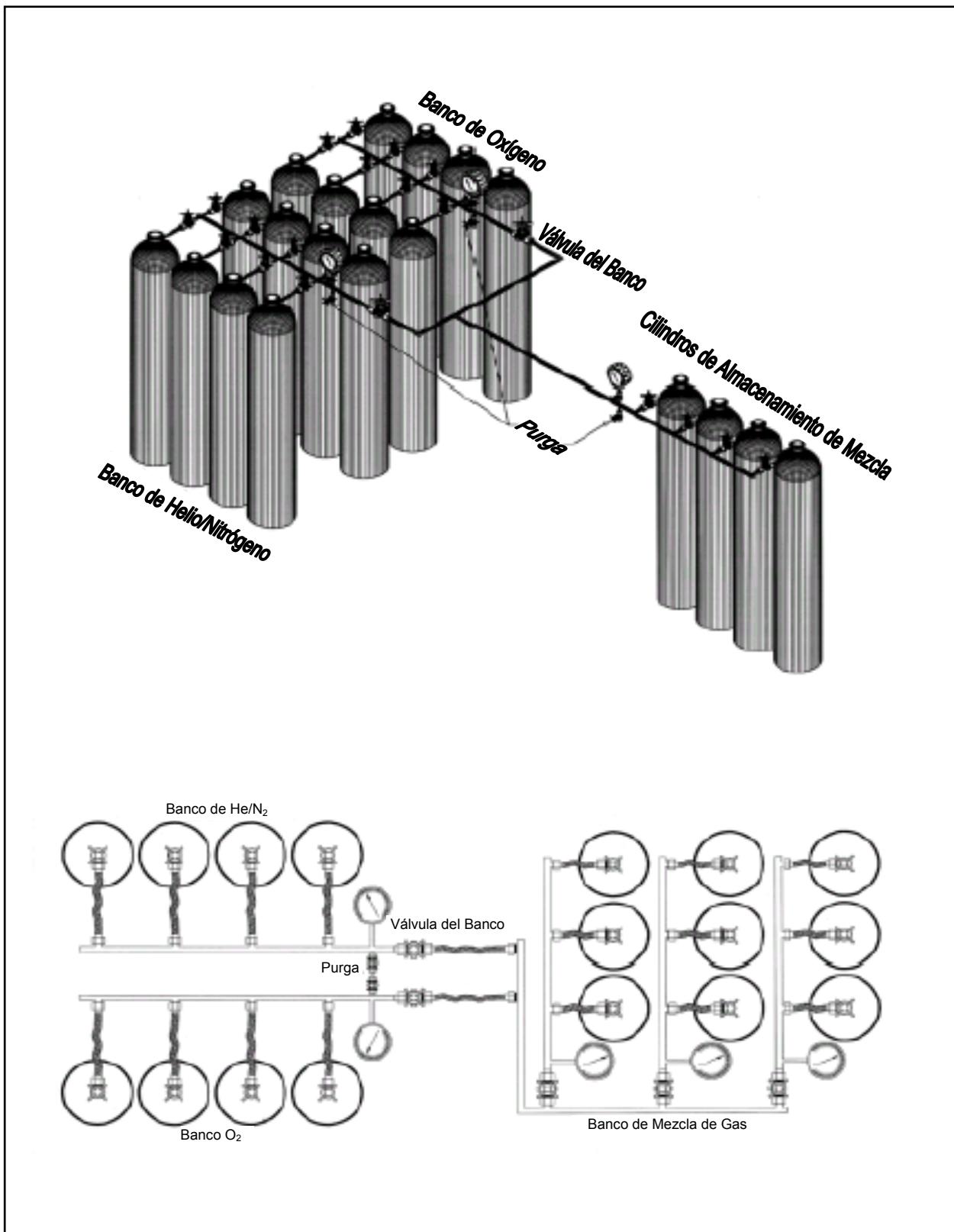


Figura 16-1. Mezclado por Cascada.

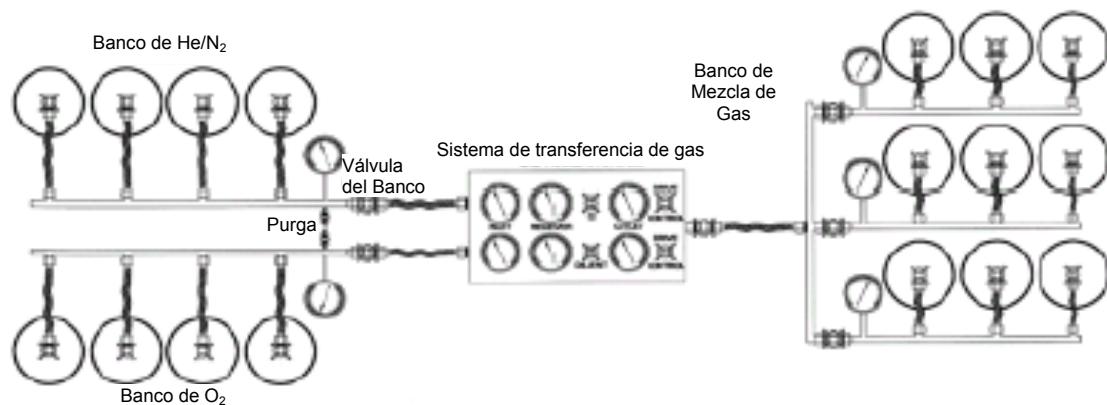
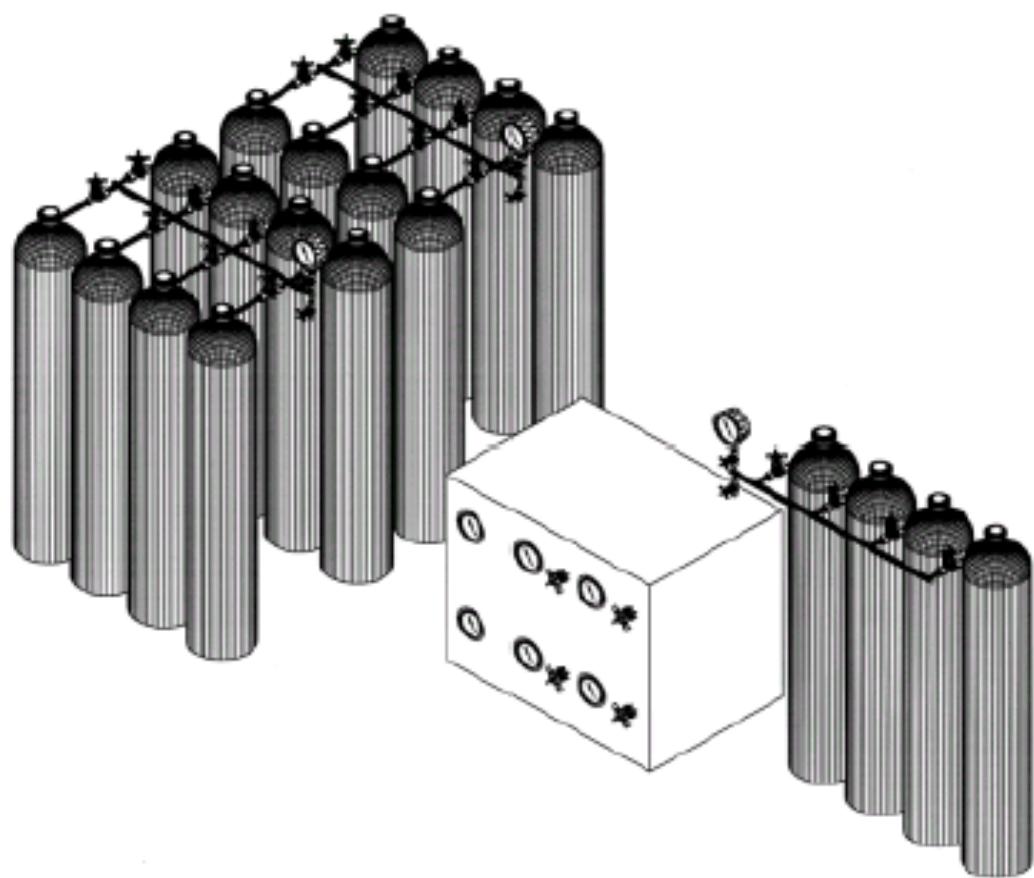


Figura 16-2. Mezclado con Sistema de Transferencia de Gas.

8. Cierre las válvulas de los cilindros de oxígeno y de mezcla de gas. El calor de la compresión incrementará la temperatura de los cilindros de mezcla y dará una falsa indicación de la presión en los cilindros. Los cálculos requieren que la P_F sea tomada a la misma temperatura que P_i . Sin embargo, debido a los efectos de la compresibilidad, normalmente tendrá que ser agregado más oxígeno que lo esperado en los cilindros de mezcla. Por lo tanto, deje que los cilindros reposen por lo menos 6 horas para permitir que los gases de la mezcla se homogeneicen, o si el equipo está disponible, ruede los cilindros por lo menos una hora. Analice la mezcla de gas para determinar su porcentaje de oxígeno. El porcentaje de oxígeno debe estar cerca o ligeramente entre el porcentaje deseado.
9. Añada oxígeno como sea necesario y vuelva a analizar la mezcla. Repita este paso hasta que es obtenida la mezcla deseada.

16-2.3

Ajuste del Porcentaje de Oxígeno. Después de llenar los cilindros de mezcla de gas, puede ser necesario incrementar o disminuir el porcentaje de oxígeno en el cilindro.

16-2.3.1

Incrementando el Porcentaje de Oxígeno. Para incrementar el porcentaje de oxígeno:

1. Sustraiga el porcentaje de oxígeno conocido desde 100 para obtener el porcentaje de helio existente.
2. Multiplique el porcentaje de helio por la presión del cilindro para obtener la presión de helio en el cilindro.
3. Substraiga el porcentaje de oxígeno deseado desde 100 para obtener el porcentaje de helio deseado.
4. Divida la presión de helio existente (Paso 2) por el porcentaje deseado de helio (Paso 3) en forma decimal. (Este paso da la presión del cilindro que existirá cuando el oxígeno suficiente ha sido añadido para producir el porcentaje deseado).
5. Añada oxígeno hasta que esta presión sea alcanzada.
6. Permita que la temperatura y presión se estabilicen y añada más oxígeno, si es necesario.

La siguiente fórmula resume el cálculo:

$$F = \frac{P \times (1.00 - O_o)}{(1.00 - O_f)}$$

Donde:

F = Presión final del cilindro

P = Presión original del cilindro

O_o = % de oxígeno original (forma decimal)

O_f = % de oxígeno final (forma decimal)

Problema Muestra. Un cilindro de oxígeno contiene 1,000 psi de una mezcla con 16 por ciento de oxígeno, y se desea una mezcla con 20 por ciento de oxígeno.

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{1,000 \times (1.00 - 0.16)}{1.00 - 0.20} \\
 &= \frac{1,000 \times .84}{0.80} \\
 &= \frac{840}{0.80} \\
 &= 1,050 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Agregue 50 psi de oxígeno para obtener una presión en el cilindro de 1,050 psi.

- 16-2.3.2 Reduciendo el Porcentaje de Oxígeno.** Para reducir el porcentaje de oxígeno, use el siguiente procedimiento:

1. Multiplique el porcentaje de oxígeno (forma decimal) por la presión del cilindro para obtener los psi de presión de oxígeno.
2. Divida este resultado por el porcentaje de oxígeno deseado (forma decimal). Esto da la presión final a ser obtenida añadiendo helio.
3. Añada helio hasta que esta presión es alcanzada.
4. Permita que la presión y temperatura se estabilicen y añada más helio, si es necesario.

La siguiente fórmula resume estos cálculos:

$$F = \frac{P \times O_o}{O_f}$$

Donde:

- F = Presión final del cilindro
 P = Presión original del cilindro
 O_o = % de oxígeno original (forma decimal)
 O_f = % final de oxígeno (forma decimal)

Problema Muestra. Para un cilindro conteniendo 1,000 psi de una mezcla con 20 % de oxígeno y se desea una mezcla con 16 % de oxígeno.

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{1,000 \times 0.20}{0.16} \\
 &= \frac{200}{0.16} \\
 &= 1,250 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

Añada 250 psi de helio para obtener una presión del cilindro de 1,250 psi.

Estos procedimientos de mezclado también aplican para mezclar por medio de una bomba de transferencia de oxígeno. En lugar de verter directamente desde un cilindro de oxígeno a un cilindro de helio, el oxígeno puede ser extraído de un cilindro con baja presión por la bomba de transferencia de oxígeno hasta que la presión apropiada del cilindro sea alcanzada. Esto permite que sea usado más oxígeno en el cilindro, y también se conserva gas.

16-2.4

Mezclado por Flujo Continuo. El mezclado por flujo continuo es un sistema de mezclado pre-calibrado, que proporciona las cantidades de cada gas en una mezcla, controlando el flujo de cada gas conforme es entregado en una cámara de mezclado común. Los sistemas de mezclado de gases por flujo continuo desempeñan una serie de funciones que aseguran mezclas extremadamente precisas. Los gases constituyentes son regulados a la misma presión y temperatura antes de ser medidos a través de válvulas micrométricas de precisión. El ajuste de las válvulas está pre-calibrado y mostrado en curvas que son proporcionadas con cada sistema y relacionan los porcentajes de la mezcla final con el ajuste de las válvulas. Después de mezclada, la mezcla es analizada en línea para proporcionar una lectura continua del porcentaje de oxígeno. Muchos sistemas tienen controles de retroalimentación que automáticamente ajustan las válvulas cuando el porcentaje de oxígeno de la mezcla varía de los límites de tolerancia preestablecidos. La mezcla final puede ser suministrada directamente a un buzo o a una cámara o ser comprimida dentro de tanques de almacenamiento para uso posterior.

16-2.5

Mezclado por Volumen. El mezclado por volumen es una técnica donde volúmenes conocidos de cada gas son entregados a un recipiente de presión constante a casi la presión atmosférica. La mezcla final es subsecuentemente comprimida dentro de cilindros de alta presión. El mezclado por volumen requiere instrumentos de medición de gas precisos para medir el volumen de cada gas añadido a la mezcla. Cuando se preparan mezclas con esta técnica, los gases a ser mezclados deben estar a la misma temperatura a menos que los medidores de gas compensen por la temperatura.

El volumen de cada uno de los gases constituyentes es calculado basándose en sus porcentajes deseados en la mezcla final. Por ejemplo, si se necesitan 1,000 p³ de una mezcla con 90% helio/10% oxígeno, serán añadidos 900 p³ de helio a 100 p³ de oxígeno. Normalmente, se usa una bolsa inflable lo suficientemente grande para contener el volumen requerido de gas a presión cercana a la atmosférica como cámara de mezclado. Los gases puros, los cuales inicialmente están contenidos en cilindros de alta presión, son regulados a presión atmosférica, medidos, y entonces transportados por tubería hacia la cámara de mezclado. Finalmente, la mezcla es comprimida y almacenada en recipientes o cilindros de alta presión.

A condición de que la temperatura de los gases constituyentes sea esencialmente la misma, las mezclas extremadamente precisas son posibles usando la técnica de mezclado por volumen. Adicionalmente, debe tomarse cuidado para asegurar que la cámara de mezclado está completamente vacía o ha sido llenada con una mezcla conocida de gas no contaminado antes de mezclar.

16-2.6

Mezclado por Peso. El mezclado por peso es más frecuentemente empleado cuando se utilizan pequeños cilindros portátiles. Esto proporciona los gases en la mezcla final por el peso de cada gas añadido al peso inicial del recipiente. Cuando se mezcla por peso, debe conocerse el peso del recipiente vacío también como el peso de cualquier gas ya dentro del recipiente. Aunque la precisión de la mezcla cuando se utiliza esta técnica no es afectada por variaciones en la temperatura del gas, es directamente dependiente de la precisión de la escala que está siendo utilizada para pesar los gases. Esta precisión debe ser conocida y el operador debe estar atento de su efecto en la exactitud de la composición de la mezcla final. Como una salvaguarda, la mezcla final debe ser analizada utilizando un método preciso de análisis.

16-3 ANALISIS DE GAS

La determinación precisa del tipo y concentración de los constituyentes del gas de respiración es de vital importancia en muchas operaciones de buceo. Pueden ocurrir reacciones fisiológicas adversas cuando el tiempo de exposición y las concentraciones de diversos componentes en la atmósfera respirable varían de los límites prescritos. El análisis del contenido de oxígeno en las mezclas de helio-oxígeno debe ser precisado dentro de $\pm 0.5\%$.

La calidad del gas respirable es importante en el buceo con aire y con mezcla de gases. En el buceo con aire, la composición básica del gas es fija, y la principal consideración está dirigida hacia la determinación de si acaso están presentes impurezas gaseosas en el aire suministrado (ej., monóxido de carbono, hidrocarburos) y los efectos de la ventilación inadecuada (bióxido de carbono). Utilizar equipo analítico en el buceo con aire no es una práctica rutinaria. El equipo analítico es generalmente empleado solamente cuando se sospecha que el suministro de aire no está funcionando apropiadamente o cuando se evalúa equipo nuevo.

El análisis de gas es esencial en el buceo con mezcla de gases. Debido a los peligros potenciales presentados por anoxia y por toxicidad por oxígeno del SNC y pulmonar, es obligatorio que el contenido de oxígeno del gas suministrado sea determinado antes de bucear. El análisis de oxígeno es el más común, pero no es el único tipo de medición analítica que es desempeñada en el buceo con mezcla de gases. En los sistemas de buceo profundo, el desempeño del equipo de filtración debe ser monitoreado por análisis del bióxido de carbono de la atmósfera. El mantenimiento a largo plazo de personal bajo condiciones hiperbáricas, frecuentemente necesita el uso de un rango de procedimientos analíticos. El análisis es requerido para determinar la presencia y concentración de cantidades menores de impurezas potencialmente tóxicas, resultado de la gasificación de materiales, procesos metabólicos y otras fuentes.

16-3.1

Selección de Instrumentos. La selección de un instrumento para análisis de los constituyentes de la atmósfera hiperbárica debe ser determinada sobre una base de comando individual. Dos características importantes son la precisión y el tiempo de respuesta. La precisión dentro del rango de concentración esperada debe ser adecuada para determinar el valor verdadero del constituyente a ser estudiado. Esta característica es de particular importancia cuando una muestra debe ser tomada a presión elevada y expandida para permitir el análisis. El tiempo de respuesta del instrumento a cambios en la concentración es importante cuando la medición de constituyentes puede cambiar rápidamente y resultar en el pronto desarrollo de condiciones tóxicas.

Los tiempos de respuesta de hasta 10 segundos son adecuados para monitorear concentraciones de gases tales como oxígeno y bióxido de carbono en un aparato de buceo. Cuando se verifican atmósferas de cámaras hiperbáricas, son aceptables tiempos de respuesta de hasta 30 segundos. Los instrumentos utilizados medirán concentraciones con precisión dentro de 1/10 de la concentración máxima permisible. Así, para analizar bióxido de carbono con una concentración máxima permisible de 5,000 ppm (VES), se debe utilizar un instrumento con una precisión de un mínimo de 500 ppm (VES).

Además de la precisión y tiempo de respuesta, la portabilidad es un factor en la selección del instrumento correcto. Mientras que los grandes instrumentos, montados permanentemente, son aceptables para instalaciones con cámaras fijas, los pequeños instrumentos transportados manualmente son más convenientes para uso de emergencia dentro de una cámara o sitios de buceo remotos.

16-3.2 Técnicas para Análisis de los Constituyentes de un Gas. Los constituyentes de un gas pueden ser analizados cualitativamente (determinación del tipo) y cuantitativamente (tipo y cantidad) utilizando muchas técnicas e instrumentos diferentes. Las guías con respecto a la selección del instrumento pueden obtenerse de NAVSEA, NEDU o de los representantes técnicos de los fabricantes de instrumentos. Aunque cada técnica no es discutida, la mayoría de los tipos está listada abajo como una referencia para aquellos que desean estudiarlas en detalle.

- Espectrometría de masa
- Detección colorimétrica
- Espectrometría ultravioleta
- Espectrometría infrarroja
- Cromatografía de gas
- Electrólisis
- Paramagnetismo

SS521-AG-PRO-010

0910-LP-106-0957

REVISION 6

Manual de Buceo de la Marina de E. U.



Volumen 1	Principios y Políticas del Buceo
Volumen 2	Operaciones de Buceo con Aire
Volumen 3	Operaciones de Buceo con Mezcla de Gases Suministrada desde Superficie
Volumen 4	Operaciones de Buceo con Circuito Semi- Cerrado y Circuito Cerrado
Volumen 5	Medicina del Buceo y Operación de Cámaras de Recompresión

DECLARACION DE DISTRIBUCION: ESTE DOCUMENTO HA SIDO APROBADO PARA SU DISTRIBUCIÓN Y VENTA PUBLICA; ESTA DISTRIBUCIÓN ES ILIMITADA.

SUSTITUYE A SS521-AG-PRO-010, REVISION 5, Fechado el 15 de Agosto de 2005.

PUBLICADO POR DIRECCIÓN DEL COMANDANTE, COMANDO DE SISTEMAS MARINOS NAVALES

15 de ABRIL de 2008

Prefacio

Departamento de la Marina
Comando de Sistemas Marinos Navales
14 de Abril de 2008

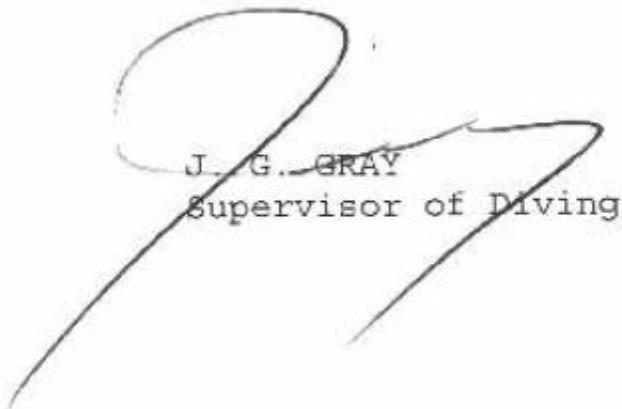
La Revisión Seis del manual de Buceo de la Marina de E.U. representa el mayor cambio a los procedimientos de buceo desde 1956. El manual debe revisarse completamente, pero por favor ponga particular atención a los Capítulos 9, 14, 17, 18, 20 y 21.

Nos gustaría agradecer a la Flota. Recibimos el aporte inteligente y comprensivo de múltiples Comandos que estaban listos a abrazar el cambio. La Flota merece una gran cantidad de crédito. Aquí en NAVSEA, el consejo de mis maestros, MDV Pratschner, MDV Boyd, y MDV Orns, representando más de 75 años de experiencia, fue vital para nuestra transición. Mis compañeros de equipo Don Fegley y John Gillispie, quienes hicieron desaparecer los problemas técnicos, nos mantuvieron en el programa. Mi amigo, Lt Jim Pearson, de la Royal Navy, nos dio la perspectiva necesaria para lograr nuestras metas. La inteligencia pura de mis mentores, Dr. Bob Whaley y el Capt. John Murray, garantizaron el rigor académico.

Lejos de casa, la NEDU y la Escuela de Buceo jugaron los papeles esenciales en la redacción y configuración de esta revisión. Me gustaría agradecer a mis amigos, Capt. Steve Reimers, Capt. Randy Getman y CDR Chris Moore, por su apoyo.

Más que cualquier otro, esta revisión es el triunfo de 40 años de dedicación leal a nuestro país por el Dr. Ed Flynn.

El trabajo sobre la Revisión Siete inició hoy. La Revisión Siete cambiará completamente el formato del Manual de Buceo, eliminando duplicaciones e inconsistencias. Sobre todo, será organizado a fin de que todos los requerimientos sean encontrados en el primer capítulo.



J. G. GRAY
Supervisor of Diving

Prologo

Departamento de la Marina
Comando de Sistemas Marinos Navales
15 de Junio de 2008

Desde los pasados 1950's el Manual de Buceo de la Marina de E.U. sirvió como el estándar internacionalmente reconocido para la exposición permisible mientras se respira aire comprimido a diversas profundidades. Las "Tablas de Aire" del Manual de Buceo de la USN de 1956/1957 también proporcionaron las cédulas de descompresión prescritas para los perfiles de buceo que excedían los límites de exposición permisibles.

Recientemente, tres eventos causaron que la Armada revisara las Tablas de Aire de 1956/1957 y condujo a esta revisión del manual de buceo.

1. Proporciones inaceptables de enfermedad de descompresión experimentadas durante el salvamento del TWA800 en 1996 mientras se utilizaban las "Tablas de Aire" y Tablas Sur "D" O₂ del Manual de Buceo USN de 1956/1957 en rangos de profundidad seleccionados arriba de 100 pies.
2. Prácticas de buceo comercial las cuales migraron lejos de las "Tablas de Aire" del Manual de Buceo USN de 1956/1957 debido a proporciones inaceptables de enfermedad de descompresión en buceos de larga duración/poca profundidad.
3. Más importantemente, la investigación seminal dentro de la medicina hiperbárica conducida por el Dr. Edward D. Thalmann, Capitan, MC, USN (retirado), que desarrolló un algoritmo matemático que modeló el intercambio de gas en los tejidos humanos ofreciendo la promesa de las guías menos riesgosas para el buceo con aire.

En 1998, la Unidad de Buceo experimental de la Armada inició el desarrollo del proceso para remplazar las Tablas de Aire de 1956/1957 y condujo a la selección del Algoritmo de Thalmann como la base de una nueva Tabla de Aire. Eventualmente fue adoptada una variación del Algoritmo de Thalmann como un resultado de prueba empírico y retroalimentación operacional de la Flota.

La Revisión 6 del Manual de Buceo de la Marina de E.U. representa la culminación de la investigación y validación empírica de las tablas de buceo con aire contenidas aquí. Además de Thalmann, los esfuerzos de dos personas perduran por encima de todos los otros en analizar y meticulosamente documentar el producto final para esta más comprensiva revisión del Manual de Buceo de la Marina de E.U. en 15 años. Estos individuos son el Dr. Edward T. Flynn, Capitan, MC, USN (Retirado) de la Oficina del Supervisor de Buceo y Salvamento y el Dr. Wayne A. Gerth, Ph.D. de la Unidad de Buceo Experimental de la Armada. Los futuros buzos de la Armada y civiles hasta ahora no nacidos adeudan a estos hombres una deuda de gratitud por el buceo intrínsecamente más seguro que resultará de su labor incansable e intelecto brillante.



Richard Hooper
Director of Ocean Engineering
Supervisor of Salvage and Diving

Operaciones de Buceo con Circuito Semi-Cerrado y Circuito Cerrado

17	Buceo con UBA con Mezcla de gases y Circuito Cerrado MK 16 MOD 0
18	Buceo con UBA con Mezcla de gases y Circuito Cerrado MK 16 MOD 1
19	Buceo con UBA con Oxígeno y Circuito Cerrado



Manual de Buceo de la Marina de E. U.

Volumen 4 – Tabla de Contenidos

Cap/Párr	Página
17 BUCEO CON UBA CON MEZCLA DE GASES Y CIRCUITO CERRADO	
17-1 INTRODUCCION	17-1
17-1.1 Objetivo.....	17-1
17-1.2 Alcance	17-1
17-2 PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	17-1
17-2.1 Recirculación y remoción del Bióxido de Carbono.....	17-2
17-2.1.1 Recirculación del Gas	17-2
17-2.1.2 Máscara de Cara Completa.....	17-2
17-2.1.3 Scrubber para Bióxido de Carbono	17-2
17-2.1.4 Ensamble del Diafragma	17-3
17-2.1.5 Sistema de recirculación	17-3
17-2.2 Adición, Escape y Monitoreo del gas	17-3
17-2.3 Ventajas del UBA con Mezcla de Gases y Circuito Cerrado	17-4
17-3 UBA CON MEZCLA DE GASES Y CIRCUITO CERRADO DE LA MARINA DE E. U.....	17-5
17-3.1 Seguridad en el Buceo	17-5
17-3.2 Sistemas Básicos del UBA MK 16.....	17-5
17-3.3 Sistema Bastidor o de Alojamiento.....	17-5
17-3.4 Sistema de Recirculación	17-5
17-3.4.1 Sub-montaje del Circuito Cerrado	17-5
17-3.4.2 Funciones del Scrubber	
17-3.5 Sistema Neumático	17-6
17-3.6 Sistema Electrónico	17-6
17-3.6.1 Sensores de Oxígeno	17-6
17-3.6.2 Control de Oxígeno.....	17-6
17-3.6.3 Pantallas	17-7
17-4 PLANEACION DE OPERACIÓN	17-8
17-4.1 Límites de Operación	17-8
17-4.1.1 Duración de la Botella de Oxígeno.....	17-10
17-4.1.2 Duración de la Botella de Diluyente	17-11
17-4.1.3 Duración de la Canastilla.....	17-12
17-4.1.4 Protección Térmica.....	17-12
17-4.2 Requerimientos del Equipo	17-12
17-4.2.1 Líneas de Distancia	17-13
17-4.2.2 Buzo Standby o de Reserva	17-13
17-4.2.3 Líneas	17-13
17-4.2.4 Líneas de Marcación	17-14
17-4.2.5 Boya de Marcación del buzo	17-14
17-4.2.6 Profundímetro/Reloj de Pulsera	17-14

Cap/Párr		Página
17-4.3	Consideraciones de la Cámara de Recompresión	17-14
17-4.4	Procedimiento de Buceo del MK 16	17-14
17-4.4.1	Empleando un Solo Buzo EOD sin Atención.....	17-14
17-4.4.2	Escenarios Simulados de Entrenamiento.....	17-15
17-4.4.3	Procedimiento Estándar de Seguridad.....	17-15
17-4.4.4	Métodos de Buceo.....	17-15
17-4.5	Seguridad en Barcos	17-15
17-4.6	Libertad Operacional del Área	17-17
17-5	PROCEDIMIENTOS PREVIOS AL BUCEO	17-17
17-5.1	Informe o Resumen del Supervisor de Buceo.....	17-17
17-5.2	Verificación del Supervisor de Buceo	17-17
17-6	ENTRADA AL AGUA Y DESCENSO.....	17-17
17-7	PROCEDIMIENTOS BAJO EL AGUA	17-18
17-7.1	Guías generales.....	17-18
17-7.2	En la Profundidad	17-19
17-8	PROCEDIMIENTOS DE ASCENSO.....	17-19
17-9	PROCEDIMIENTOS POSTERIORES AL BUCEO	17-19
17-10	PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESION	17-19
17-10.1	Uso de Tablas de Descompresión con ppO ₂ Constante	17-20
17-10.2	Verificación de la ppO ₂	17-20
17-10.3	Reglas para el Uso de Tablas de Descompresión con 0.7 ata de ppO ₂ Constante en Nitrógeno.....	17-20
17-10.4	Variaciones de la ppO ₂	17-27
17-10.5	Sistema de Respiración de Emergencia (EBS).....	17-27
17-10.5.1	EBS Tipo I.....	17-28
17-10.5.2	EBS Tipo II MK 1 MOD 0	17-28
17-10.5.3	Suministro de Gas Requerido para el EBS	17-28
17-10.5.4	Procedimientos para la Utilización del EBS	17-33
17-10.6	Descompresión Omitida	17-33
17-10.6.1	A 20 fsw o a Menos Profundidad	17-33
17-10.6.2	Más Profundo que 20 fsw	17-33
17-10.6.3	Más Profundo que 20 fsw/No Hay Cámara de Recompresión Disponible	17-34
17-10.6.4	Evidencia de Enfermedad de Descompresión o Embolismo Gaseoso Arterial	17-35
17-11	ASPECTOS MEDICOS DEL UBA CON MEZCLA DE GASES Y CIRCUITO CERRADO ..	17-35
17-11.1	Intoxicación por Oxígeno del Sistema Nervioso Central (SNC)	17-35
17-11.1.1	Prevención de la Intoxicación por Oxígeno del SNC.....	17-35
17-11.1.2	Síntomas de Intoxicación por Oxígeno del SNC	17-35

Cap/Párr		Página
17-11.1.3	Tratamiento de los Síntomas No Convulsivos de Intoxicación por Oxígeno del SNC	17-36
17-11.1.4	Tratamiento de Convulsiones en Intoxicación por Oxígeno del SNC ...	17-36
17-11.2	Deficiencia de oxígeno (Hipoxia).....	17-36
17-11.2.1	Causas de la Hipoxia.....	17-36
17-11.2.2	Síntomas de Hipoxia.....	17-36
17-11.2.3	Tratamiento de la Hipoxia.....	17-37
17-11.2.4	Tratamiento de Buzos Hipóxicos que Requieren Descompresión.....	17-37
17-11.3	Intoxicación por Bióxido de Carbono (Hipercapnia)	17-37
17-11.3.1	Síntomas de Hipercapnia	17-37
17-11.3.2	Tratamiento de la Hipercapnia	17-37
17-11.4	Daño Químico.....	17-37
17-11.4.1	Causas de Daño Químico	17-37
17-11.4.2	Síntomas de Daño Químico	17-37
17-11.4.3	Manejo de un Incidente Químico	17-38
17-11.5	Enfermedades de Descompresión en el Agua.....	17-38
17-11.5.1	El Buzo Manteniéndose en el Agua	17-38
17-11.5.2	Buzo Dejando el Agua	17-39

18 BUCEOS CON UBA CON OXÍGENO Y CIRCUITO CERRADO

18-1	INTRODUCCION	18-1
18-1.1	Objetivo.....	18-1
18-1.2	Alcance	18-1
18-2	ASPECTOS MEDICOS DEL BUCEO CON OXÍGENO Y CIRCUITO CERRADO	18-1
18-2.1	Intoxicación por Oxígeno	18-1
18-2.1.1	Efecto de Desmayo	18-2
18-2.1.2	Intoxicación Pulmonar por Oxígeno	18-2
18-2.1.3	Síntomas de Intoxicación por Oxígeno del SNC	18-2
18-2.1.4	Causas de Intoxicación por oxígeno del SNC	18-3
18-2.1.5	Tratamiento de Síntomas No-Convulsivos	18-3
18-2.1.6	Tratamiento de Convulsiones Bajo el Agua	18-3
18-2.2	Deficiencia de Oxígeno	18-4
18-2.2.1	Causas de Hipoxia con el UBA MK 25	18-4
18-2.2.2	Purga Subacuática	18-5
18-2.2.3	Procedimiento de Purga del UBA MK 25	18-5
18-2.2.4	Síntomas de Hipoxia.....	18-5
18-2.2.5	Tratamiento de Hipoxia	18-5
18-2.3	Intoxicación por Bióxido de Carbono (Hipercapnia).....	18-5
18-2.3.1	Síntomas de Hipercapnia	18-5
18-2.3.2	Tratamiento de Hipercapnia	18-6
18-2.3.3	Evitando la Hipercapnia.....	
18-2.4	Daño Químico.....	18-7
18-2.4.1	Causas de Daño Químico	18-7

Cap/Párr		Página
18-2.4.2	Síntomas de Daño Químico.....	18-7
18-2.4.3	Manejo de Incidente Químico	18-7
18-2.5	Síndrome de Absorción de Oxígeno en el Oído medio.....	18-7
18-2.5.1	Síntomas del Síndrome de Absorción de Oxígeno en el oído Medio....	18-8
18-2.5.2	Tratamiento del Síndrome de Absorción de Oxígeno en el Oído Medio	18-8
18-3 MK 25 (DRAEGER LAR V)	18-8
18-3.1	Diagrama de Flujo de gas.....	18-8
18-3.1.1	Círculo Respiratorio	18-9
18-3.2	Duración Operacional del UBA MK 25	18-10
18-3.2.1	Suministro de Oxígeno	18-10
18-3.2.2	Duración de la Canastilla.....	18-10
18-3.3	Precauciones de Llenado	18-11
18-3.4	Previniendo Soluciones Cáusticas en la Canastilla.....	18-11
18-3.5	Referencias.....	18-11
18-4 LIMITES DE EXPOSICIÓN CON OXÍGENO Y CIRCUITO CERRADO	18-11
18-4.1	Tabla de Límites de Tránsito con Excursión	18-11
18-4.2	Tabla de Límites de Exposición con Oxígeno a Profundidad Sencilla	18-12
18-4.3	Probando el Límite de Exposición con Oxígeno.....	18-12
18-4.4	Precauciones de Susceptibilidad al Oxígeno en Individuos	18-12
18-4.5	Límites de Tránsito con Excursión.....	18-12
18-4.5.1	Definiciones de Límites de Tránsito con Excursión.....	18-12
18-4.5.2	Tránsito con Reglas de Excursión	18-13
18-4.5.3	Excursiones Inadvertidas.....	18-14
18-4.6	Límites de Profundidad Sencilla	18-14
18-4.6.1	Definiciones de Límites de Profundidad sencilla	18-14
18-4.6.2	Límites Profundidad/Tiempo	18-14
18-4.7	Límites de Exposición para Buceos Sucesivos con Oxígeno	18-15
18-4.7.1	Definiciones para Buceos Sucesivos con Oxígeno	18-15
18-4.7.2	Ajustes del Límite de Exposición Sin Oxígeno	18-15
18-4.8	Límites de Exposición para Buceos con Oxígeno Posteriores a Buceos con Aire o con Mezcla de Gases.....	18-16
18-4.8.1	Regla para el Cambio de Mezcla de Gases a Oxígeno	18-16
18-4.8.2	Regla para el Cambio de Oxígeno a Mezcla de Gases	18-16
18-4.9	Buceo con Oxígeno en Altitud	18-16
18-4.10	Volar Después del Buceo con Oxígeno.....	18-16
18-4.11	Operaciones de Combate	18-16
18-4.12	Referencias para información Adicional	18-17
18-5 PLANEACION DE OPERACIONES	18-17
18-5.1	Límites de Operación.....	18-17

Cap/Párr		Página
18-5.2	Maximizando el Rango Operacional.....	18-17
18-5.3	Entrenamiento	18-18
18-5.4	Requerimientos de Personal	18-18
18-5.5	Requerimientos de Equipo	18-18
18-5.6	Transporte y Almacenaje de un UBA Preparado	18-19
18-5.7	Precauciones Previas al Buceo.....	18-20
18-6	PROCEDIMIENTOS PREVIOS AL BUCEO	18-21
18-6.1	Preparación del Equipo	18-21
18-6.2	Informe del Supervisor de Buceo	18-21
18-6.3	Verificación del Supervisor de Buceo.....	18-21
18-6.3.1	Primera Fase	18-21
18-6.3.2	Segunda fase.....	18-21
18-7	ENTRADA AL AGUA Y DESCENSO	18-22
18-7.1	Procedimiento de Purga	18-22
18-7.2	Procedimientos de Descenso de Emergencia “Tortuga”	18-22
18-7.3	Evitando Errores en el Procedimiento de Purga	18-22
18-7.4	Referencias para Información Adicional.....	18-23
18-8	PROCEDIMIENTOS SUBACUATICOS	18-23
18-8.1	Guías Generales.....	18-23
18-8.2	Procedimientos de Falla del UBA.....	18-24
18-9	PROCEDIMIENTOS DE ASCENSO	18-24
18-10	PROCEDIMIENTOS POSTERIORES AL BUCEO Y DOCUMENTACION DEL BUCEO	18-24

Página en blanco intencionalmente

Volumen 4 – Lista de Ilustraciones

Figura		Página
17-1	UBA con Mezcla de Gases y Circuito Cerrado MK 16 MOD 0	17-1
17-2	Diagrama de Funcionamiento en Bloques del UBA MK 16 MOD 0	17-2
17-3	La Bolsa de Respiración del UBA Trabaja para Mantener la Flotabilidad Constante del Buzo Respondiendo Contra el Desplazamiento del Pulmón	17-4
17-4	Aparato de Respiración Subacuática MK 16 MOD 0.....	17-8
17-5	Buzo Atendido Desde la Superficie	17-15
17-6	Hoja de Registro de Buceo con MK 16 MOD 0	17-18
17-7	Hoja de Trabajo para Buceos Repetitivos con 0.7 ata de ppO ₂ Constante en Nitrógeno	17-24
17-8	EBS Tipo I	17-27
17-9	Montajes Principales y Equipos Auxiliares del EBS Tipo II	17-29
17-10	Máscara de Cara Completa (FFM) MK 24 MOD 0	17-30
17-11	Requerimientos de Volumen Total de EBS para Descompresión.....	17-31
17-12	Características Operacionales del UBA MK 16	17-40
18-1	Buzo con UBA Dräger LAR V	18-1
18-2	Diagrama de Flujo de Gas del MK 25.....	18-9
18-3	Ejemplo de Tránsito con Excursión	18-13

Página en blanco intencionalmente

Volumen 4 – Lista de Tablas

Tabla		Página
17-1	Tabla de Requerimientos de Personal para Buceos con Mezcla de Gases	17-9
17-2	Características Operacionales del Equipo.....	17-9
17-3	Proporciones de Consumo Promedio de Gas de Respiración y Uso de Absorbente de CO ₂	17-10
17-4	Límites de Duración de la Canastilla para el MK 16.....	17-12
17-5	Requerimientos del Equipo de Buceo UBA MK 16.....	17-13
17-6	Informe de Buceo para el UBA MK 16.....	17-15
17-7	Señales por Jalones de Línea para el UBA MK 16	17-17
17-8a	Procedimientos para Buceos Repetitivos para Varios Gases Medios	17-22
17-8b	Procedimientos para Buceos Repetitivos para Varios Gases Medios	17-23
17-9	Tabla de Límites de No-Descompresión y Designación de Grupo Repetitivo para Buceos con 0.7 ata de ppO ₂ Constante en Nitrógeno.....	17-25
17-10	Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos Repetitivos con 0.7 ata de ppO ₂ Constante en Nitrógeno.....	17-26
17-11	Consumo de gas EBS en Buceo con Trabajo Ligero	17-32
17-12	Presión Manométrica del EBS Tipo I Contra Pies ³ Estándar Disponibles (para Cilindros Dobles Scuba de 80 pies ³).	17-32
17-13	Manejo Inicial de Descompresión Omitida en un Buzo Asintomático con MK 16	17-34
17-14	Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Nitrógeno.....	17-41
17-15	Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio	17-47
18-1	Información del Equipo MK 25.....	18-8
18-2	Consumo Promedio de Gas de Respiración	18-10
18-3	Absorbentes de CO ₂ Sodalime Aprobados por NAVSEA.....	18-10
18-4	Límites de Excursión.....	18-12
18-5	Límites de Exposición con Oxígeno a Profundidad Sencilla	18-13
18-6	Límites Ajustados de Exposición con Oxígeno para Buceos Sucesivos.....	18-15
18-7	Características Operacionales del Equipo.....	18-19
18-8	Equipo de Buceo con Oxígeno y Circuito Cerrado	18-20
18-9	Informe del Supervisor de Buceo.....	18-21

Página en blanco intencionalmente

CAPITULO 17

Buceo con UBA con Mezcla de Gases y Circuito Cerrado MK 16 MOD 0

17-1 INTRODUCCION

El MK16 MOD 0 es un aparato de respiración bajo el agua con mezcla de gases y circuito cerrado (UBA) de presión parcial de oxígeno (ppO_2) constante de 0.7 ata, empleado principalmente por las fuerzas Navales para Guerras Especiales (SPECWAR). El uso de los UBAs de circuito cerrado y mezcla de gases en la Marina de E.U. fue desarrollado para satisfacer los requerimientos operacionales de los nadadores de combate SPECWAR y buzos EOD (Disposición de Materiales Explosivos). Este equipo combina la movilidad de un buzo a nado libre con las ventajas de la profundidad de mezcla de gases. El término circuito cerrado se refiere a la recirculación del 100 % de mezcla de gases como medio respiratorio, y resulta en una operación libre de burbujas, excepto durante el ascenso o por una liberación inadvertida de gas. Esta capacidad hace al UBA con circuito cerrado muy conveniente para operaciones de guerra especiales. El límite máximo de trabajo para el UBA MK16 MOD 0 es 150 pam cuando se usa N_2O_2 (aire) como diluyente ó 200 pam cuando se usa mezcla 84/16 HeO_2 como diluyente.

- 17-1.1** **Objetivo.** Este capítulo proporciona guías generales para el buceo con el UBA MK 16 MOD 0, operaciones y procedimientos ([Figura 17-1](#)). Para instrucciones detalladas de operación y mantenimiento, vea el manual técnico SS600-AH-MMA-010 (MK 16 MOD 0).
- 17-1.2** **Alcance.** Este capítulo cubre los principios de operación, planeación operacional, procedimientos de buceo y aspectos médicos del buceo con mezcla de gases y circuito cerrado del UBA MK 16 MOD 0. Refiérase al [Capítulo 16](#) para los procedimientos de mezclado de gases de respiración de los buzos.

17-2 PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

El UBA de circuito cerrado usa eficientemente el suministro de gas disponible para aumentar la duración bajo el agua recirculando el gas de respiración. Para hacer esto eficientemente, un UBA de circuito cerrado debe ser capaz de:

- Remover el bióxido de carbono producido por la acción metabólica del cuerpo.
- Monitorear la ppO_2 y añadir oxígeno para reemplazar el consumido por la acción metabólica del cuerpo.

- 17-2.1** **Seguridad en el Buceo.** Los UBAs de circuito cerrado y mezcla de gases son más complejos que los SCUBA de circuito abierto y requieren un alto nivel de entrenamiento y conocimiento del buzo, haciendo necesaria la planeación cuidadosa. La seguridad en el buceo solo se alcanza cuando:



Figura 17-1. UBA con Mezcla de Gases y Circuito Cerrado MK 16 MOD 0.

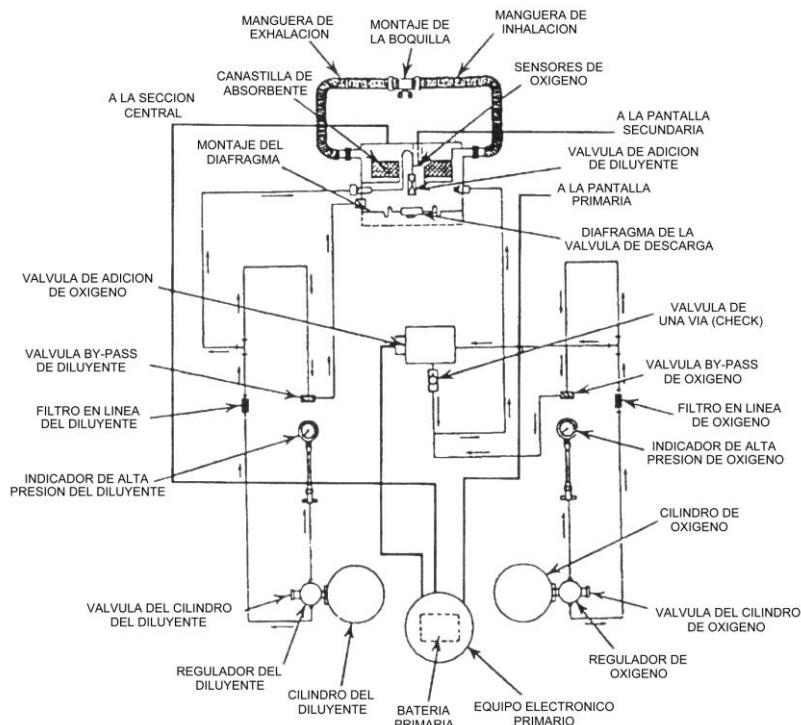


Figura 17-2. Diagrama de Funcionamiento en Bloques del UBA MK 16 MOD 0.

- El buzo ha sido completamente entrenado y calificado en el uso apropiado del UBA.
- Todo el equipo ha sido preparado para las condiciones de buceo específicas esperadas.
- El buceo es conducido dentro de los límites de profundidad y duración especificados.
- El buzo se adhiere estrictamente a e implementa inmediatamente todos los procedimientos operacionales y de emergencia.

17-2.2

Ventajas del UBA con Mezcla de Gases y Circuito Cerrado. Mientras que su principio es funcionalmente simple, el UBA con mezcla de gases y circuito cerrado tiende a ser más complejo que el UBA semi-cerrado debido a los circuitos de control y análisis de oxígeno requeridos. Sin embargo, compensando esta complejidad hay varias ventajas inherentes:

- Aparte de la adición de gas mezclado o diluyente durante el descenso, el único gas requerido a la profundidad es oxígeno para agregarlo por el consumo metabólico.
- La presión parcial de oxígeno en el sistema es controlada automáticamente durante todo el buceo a un valor preajustado. No se requieren ajustes durante un buceo por variaciones en la profundidad y ritmo de trabajo.
- No se libera gas inerte del sistema excepto por accidente o durante el ascenso, haciendo el UBA con circuito cerrado relativamente libre de burbujas y muy conveniente para operaciones SPECWAR.

- 17-2.3** **Recirculación y Remoción del Bióxido de Carbono.** El medio respiratorio del buzo es reciclado en un UBA de circuito cerrado para quitar el bióxido de carbono, y permitir utilizar otra vez el diluyente inerte y el oxígeno que no se utilizó en la mezcla. El sistema básico de recirculación consiste de un circuito cerrado que incorpora mangueras de inhalación y exhalación y válvulas asociadas de una sola vía, una boquilla y una máscara de cara completa, una unidad para remover el bióxido de carbono y un diafragma ensamblado.
- 17-2.3.1** **Recirculación del Gas.** El gas recirculando es movido normalmente a través del circuito por la acción natural de inhalación y exhalación de los pulmones del buzo. Ya que los pulmones solamente pueden producir pequeñas diferencias de presión, el circuito completo debe ser diseñado para una restricción mínima de flujo.
- 17-2.3.2** **Máscara de Cara Completa.** La máscara de cara completa utiliza una máscara integral oral-nasal o “mordida T” para reducir el espacio muerto y la posibilidad de respirar nuevamente el gas enriquecido con bióxido de carbono. De igual manera, las válvulas de una sola vía o válvulas “check”, usadas para asegurar el flujo de gas en un solo sentido a través de todo el circuito, deben estar cerca de la nariz y boca del buzo para minimizar el espacio muerto. Todas las mangueras de respiración en el sistema deben ser de un diámetro relativamente grande para minimizar la resistencia respiratoria.
- 17-2.3.3** **Depurador para Bióxido de Carbono.** El bióxido de carbono es eliminado del circuito de respiración en una canastilla sellada contra agua, que es llenada con material absorbente de bióxido de carbono aprobado. La cama de material absorbente de bióxido de carbono se combina químicamente con el bióxido de carbono exhalado por el buzo, mientras permite que el oxígeno que no se utilizó y el gas diluyente pase a través de ella. Si la canastilla se llena inadecuadamente, se pueden formar canales en los gránulos absorbentes, permitiendo que el gas evite el material absorbente y dejando que se incremente el bióxido de carbono en el UBA. El diseño de la canastilla también debe proporcionar una baja resistencia al flujo de gas mientras asegura un máximo contacto entre el gas y el absorbente. La resistencia al flujo es minimizada en el UBA MK 16 MOD 0 empleando una canastilla de diseño radial para reducir la distancia del flujo de gas. Ya que la humectación inadvertida del material absorbente puede producir una solución cáustica, normalmente se colocan unas almohadillas absorbentes de humedad localizadas arriba y abajo de la canastilla para colectar el agua producida por la reacción entre el bióxido de carbono y el material absorbente de bióxido de carbono y por el buzo mismo. Un factor límitrofe mayor para cualquier UBA de circuito cerrado es la capacidad de absorción de CO₂. La duración del absorbente es también afectada por la profundidad y temperatura de operación ambiental. La duración del absorbente disminuye conforme disminuye la temperatura y aumenta la profundidad.
- 17-2.3.4** **Ensamble del Diafragma.** Un diafragma ensamblado o contra-pulmón es usado en todos los UBA de circuito cerrado para permitir la respiración libre en el circuito. La necesidad para tales dispositivos puede ser demostrada fácilmente intentando exhalar e inhalar dentro de una botella vacía. La botella, al igual que un sistema de recirculación sin una bolsa, es inflexible y presenta una extrema presión posterior. Para compensarla, se deben colocar en el circuito del UBA diafragmas flexibles o una bolsa de respiración con un desplazamiento máximo igual al volumen combinado de ambos pulmones.

La flotabilidad constante es inherente en el sistema debido a que el recipiente de gas actúa contra la acción normal del pulmón. En scuba con circuito abierto, la flotabilidad del buzo disminuye durante la exhalación debido a la disminución del volumen pulmonar. En el scuba con circuito cerrado, la expansión de la bolsa de respiración mantiene la flotabilidad constante. Con la inhalación, el proceso se revierte. Este ciclo se muestra en la [Figura 17-3](#).

El recipiente flexible de gas debe ser localizado tan cerca del pecho del buzo como sea posible para minimizar las diferencias de presión hidrostática entre los pulmones y el recipiente conforme el buzo cambia su postura en el agua.

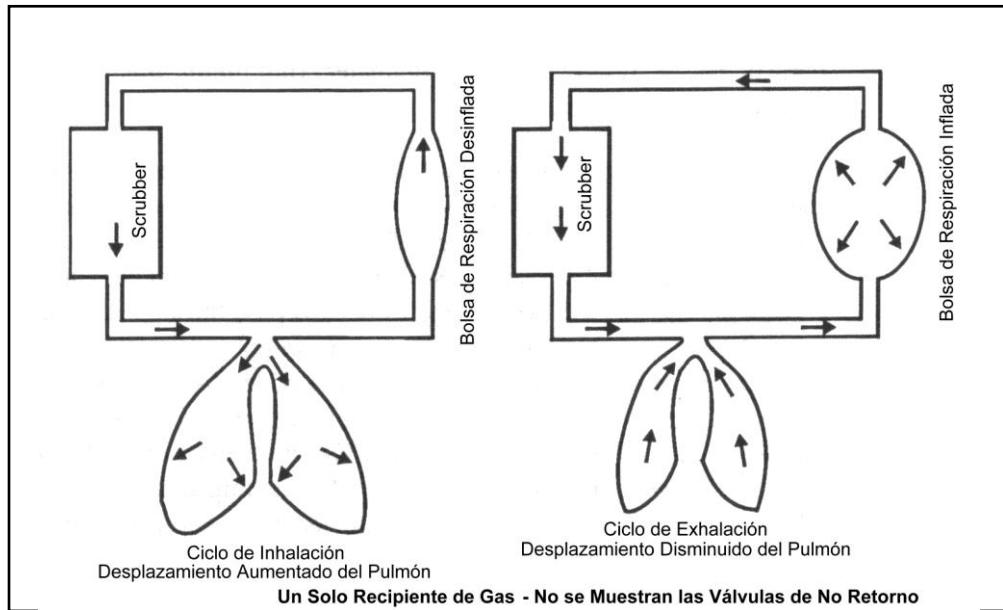


Figura 17-3. La Bolsa de Respiración del UBA Trabaja para Mantener la Flotabilidad Constante del Buzo Respondiendo Contra el Desplazamiento del Pulmón.

El UBA MK 16 MOD 0 usa un único recipiente construido dentro de un ensamble de mochila aerodinámica. La utilización de un único recipiente localizado dentro de la mochila permite un mínimo obstáculo para el buzo y una máxima protección para el recipiente.

17-2.3.5 Sistema de Recirculación. El funcionamiento óptimo del sistema de recirculación depende del mantenimiento apropiado del equipo, del llenado apropiado con absorbente nuevo y de la exacta medición de entrada de oxígeno. Para asegurar la remoción eficiente del bióxido de carbono durante todo el buceo, el personal debe limitar cuidadosamente el tiempo de buceo a la duración de la canastilla especificada. Cualquier factor que reduce la eficiencia de remoción del bióxido de carbono aumenta el riesgo de envenenamiento por bióxido de carbono.

PRECAUCION **El UBA MK 16 MOD 0 no proporciona avisos visuales en problemas de exceso de CO₂. El buzo deberá estar consciente de los síntomas de intoxicación por CO₂.**

17-2.3.6 Adición, Escape y Monitoreo del Gas. Además del peligro de intoxicación por bióxido de carbono, el buzo con UBA con circuito cerrado encuentra los riesgos potenciales de hipoxia e intoxicación por oxígeno del sistema nervioso central (SNC). El UBA debe controlar la presión parcial de oxígeno (ppO₂) en el medio respiratorio dentro de límites estrechos para una operación segura, y ser monitoreada frecuentemente por el buzo.

La hipoxia puede ocurrir cuando hay insuficiente oxígeno en el circuito de recirculación para cumplir con los requerimientos metabólicos. Si no se añade oxígeno al circuito respiratorio, el oxígeno en el circuito será consumido gradualmente sobre un período de 2 a 5 minutos, al punto en el cual el oxígeno en la mezcla es incapaz de mantener la vida.

La intoxicación por oxígeno del SNC puede ocurrir siempre y cuando la presión parcial de oxígeno en el medio respiratorio del buzo exceda la concentración especificada y los límites de tiempo de exposición. Consecuentemente, el UBA debe funcionar para limitar el nivel de ppO₂ al valor apropiado.

El UBA con mezcla de gases y circuito cerrado usa un método de control directo para mantener la concentración de oxígeno en el sistema, más que el método indirecto de un flujo de masa preajustado, que es común a los aparatos semi-cerrados.

17-3 UBA MK 16 MOD 0 DE CIRCUITO CERRADO.

El UBA MK 16 MOD 0 se divide en cuatro sistemas básicos (bastidor o alojamiento, recirculación, neumático y electrónico) y sus sub-ensambles como está descrito en los párrafos siguientes. Estos sistemas proporcionan un gas de respiración al buzo con una ppO₂ controlada.

17-3.1 Sistema Bastidor o de Alojamiento. Los principales componentes del UBA MK 16 MOD 0 están alojados en un estuche moldeado de ABS o fibra de vidrio reforzada. El estuche del equipo es un ensamble o montaje de una mochila perfilada diseñada para tener la mínima interferencia mientras se está nadando, y está equipada con un montaje de arnés integral. Una cubierta exterior aerodinámica y fácilmente desmontable minimiza el peligro de enredarse bajo el agua. En el exterior del bastidor hay componentes tales como la boquilla, indicadores de presión, mangüeras y la pantalla primaria y secundaria.

17-3.2 Sistema de Recirculación. El sistema de recirculación consta de un circuito cerrado incorporando las mangüeras de inhalación y exhalación, una boquilla o máscara completa, una canastilla de absorbente de bióxido de carbono y un diafragma flexible de respiración. Los gases de respiración del buzo son reciclados para quitar el bióxido de carbono y permitir usar nuevamente el componente inerte del diluyente y el oxígeno residual en la mezcla respiratoria. Las válvulas de un solo paso de inhalación y exhalación en el montaje de la boquilla (o en el manifold de la máscara de cara completa) aseguran el flujo de gas en una sola dirección a través de todo el sistema.

17-3.2.1 Sub-montaje del Circuito Cerrado. El sub-montaje del circuito cerrado tiene una cubierta desmontable, una sección central acoplada a la cubierta de fibra de vidrio del equipo, un diafragma de respiración de hule flexible y un depurador de CO₂. Las almohadillas absorbentes de humedad dentro del montaje del depurador absorben cualquier condensación formada en las paredes de la cubierta. El espacio entre la canastilla del scrubber y la cubierta sirve como un espacio lleno de gas, aislando la canastilla del ambiente de agua fría.

17-3.2.2 Funciones del Depurador. El depurador tiene dos funciones:

- **Remoción del Bióxido de Carbono.** Antes que la respiración exhalada del buzo alcance el diafragma de respiración, esta pasa a través de la canastilla del depurador. La canastilla del depurador se llena con material granular absorbente de bióxido de carbono, de alta eficiencia y aprobado. Dos discos filtrantes en la canastilla del depurador sirven como distribuidores de gas para minimizar los efectos de cualquier formación de canales en el absorbente. Después de pasar a través de los filtros, el gas exhalado pasa por la cama de absorbente de bióxido de carbono, combinándose químicamente con el bióxido de carbono creado por el uso metabólico del oxígeno de respiración del buzo, pero permitiendo que el diluyente y el oxígeno que no se utilizó pasen a través de esta.
- **Remoción del Agua.** La humedad producida por la exhalación del buzo y por la reacción entre el bióxido de carbono y el absorbente de bióxido de carbono es asimilada por las almohadillas absorbentes de humedad localizadas en el exterior de la canastilla.

17-3.3 Sistema Neumático. El sistema neumático comprende:

- Botellas de alta presión para el almacenamiento del oxígeno y gases diluyentes.

- Indicadores para permitir el monitoreo del suministro de gas restante.
- Reguladores, conexiones, tuberías, filtros y válvulas que regulan y entregan oxígeno y gases diluyentes al sistema de recirculación.

17-3.4

Sistema Electrónico. El sistema electrónico mantiene una ppO₂ constante en el UBA de circuito cerrado, procesando y acondicionando señales de salida de los sensores de oxígeno localizados en el circuito respiratorio, estimulando la válvula de adición de oxígeno y controlando la salida de la pantalla primaria.

17-3.4.1

Sensores de Oxígeno. La ppO₂ dentro del sistema de recirculación es controlada por tres sensores. La salida de cada sensor es evaluada por el paquete electrónico primario mediante un circuito lógico de elección, negando la salida de un sensor defectuoso. El promedio de los sensores es mostrado por la pantalla primaria. En la pantalla secundaria se puede mostrar una lectura de respaldo de cada sensor individual, la cual no requiere una fuente de energía exterior.

17-3.4.2

Control de Oxígeno. La concentración de oxígeno en el sistema de recirculación es medida por sensores. Los sensores envían señales al paquete electrónico primario y a la pantalla secundaria. El paquete electrónico primario compara la señal de estos sensores con el valor ajustado, proporcionando una salida a la pantalla primaria y controlando la válvula de adición de oxígeno. Un valor real de ppO₂ menor que el punto de ajuste, opera automáticamente la válvula de adición de oxígeno para admitir oxígeno hacia el circuito respiratorio.

El control de oxígeno involucra varios factores:

- **Sistema Redundante.** El montaje electrónico primario en el UBA MK 16 MOD 0 trata la señal de cada sensor como un voto. El voto del sensor está, ya sea, encima o debajo del predeterminado punto de ajuste. Si una simple mayoría de los sensores está debajo del predeterminado punto de ajuste, se envía una señal de operación a la válvula de adición de oxígeno; cuando la mayoría de los sensores está encima del predeterminado punto de ajuste, la señal es terminada. En efecto, el circuito electrónico ignora las señales más altas y más bajas de los sensores y controla la válvula de adición de oxígeno con el sensor medio. De igual manera, el circuito electrónico muestra una alarma de alta concentración de oxígeno (verde intermitente) si la señal de la mayoría de los sensores indica un alto nivel de oxígeno; y muestran una alarma de baja concentración de oxígeno (rojo intermitente) si la señal de la mayoría de los sensores indica un bajo nivel de oxígeno. Si solamente un sensor indica un alto nivel de oxígeno y/o solamente un sensor indica un bajo nivel de oxígeno, la salida del circuito electrónico se alterna entre los dos estados de alarma (rojo-verde intermitente).
- **Calibración del Punto de Ajuste.** El punto de ajuste de la ppO₂ operacional normal para el UBA MK 16 MOD 0 es de 0.75 ata. Los apropiados procedimientos de calibración son usados para ajustar la ppO₂ específica.
- **Adición de Oxígeno.** En respuesta a la salida de los sensores, la válvula de adición de oxígeno admite oxígeno al circuito respiratorio en el sistema de recirculación. Los circuitos de control verifican continuamente el nivel promedio de la ppO₂. Si la presión parcial de oxígeno en el sistema de recirculación es más bajo que el nivel del punto de ajuste, la válvula de adición de oxígeno es energizada para admitir oxígeno. Cuando la ppO₂ alcanza el nivel requerido, el sistema de control automático mantiene la válvula de adición de oxígeno en la posición CERRADA. Si la válvula de adición de oxígeno fallara en posición ABIERTA, el flujo libre de oxígeno dentro del MK 16 MOD 0 es restringido por el diámetro de la tubería y la medida del orificio de la válvula piezoeléctrica de adición de oxígeno.

17-3.4.3 **Pantallas.** El UBA MK 16 MOD 0 tiene dos pantallas que proporcionan información continua al buzo acerca de la ppO₂, condición de la batería y falla de los sensores de oxígeno.

17-3.4.3.1 **Pantalla Primaria.** La pantalla primaria consiste de dos diodos emisores de luz (LED) que están contenidos dentro del alojamiento de la pantalla primaria. La pantalla está montada normalmente en la máscara, dentro de la visión perimetral del buzo. Los dos LED (uno rojo y otro verde), energizados por la batería del montaje electrónico primario, indican la condición general de varios componentes electrónicos y la ppO₂ en el circuito respiratorio como sigue:

- **Verde constante:** Rango normal de O₂, 0.6 a 0.9 ata de ppO₂ (usando un punto de ajuste de 0.75 ata)
- **Rojo constante o iluminados simultáneamente el rojo y el verde:** Falla en el equipo electrónico primario
- **Verde intermitente:** Alto contenido de O₂, mayor que 0.9 ata de ppO₂
- **Rojo intermitente:** Bajo contenido de O₂, menor que 0.6 ata de ppO₂
- **Rojo y verde alternadamente:** Período de transición normal (la ppO₂ está cambiando de normal a baja, de baja a normal, de normal a alta, o de alta a normal), uno de los sensores está fuera de límite, baja energía de la batería primaria (mostrado en la pantalla secundaria) o falla en el paquete electrónico primario.
- **No se muestra nada (pantalla en blanco):** Falla del paquete electrónico o de la batería primaria.



Figura 17-4. Aparato de Respiración Subacuática (UBA) MK 16 MOD 0.

17-3.4.3.2 **Pantalla Secundaria.** La pantalla secundaria del MK 16 MOD 0 está diseñada para proporcionar información cuantitativa al buzo sobre la condición del medio respiratorio, del voltaje de la batería primaria y de la condición de las baterías secundarias. También sirve como respaldo para la pantalla primaria en el caso de una falla o mal funcionamiento del paquete electrónico primario, de la pantalla primaria o de la batería primaria. La pantalla

secundaria funciona coincidente con, pero independiente de, la pantalla primaria y muestra las lecturas del sensor de oxígeno e información de la batería primaria en forma digital. La pantalla secundaria es energizada por cuatro baterías de 1.5 voltios para la iluminación de los LED solamente. Esta no se releva por el paquete electrónico primario, sino que recibe señales directamente de los sensores de oxígeno y de la batería primaria. Continuará funcionando en el caso que el paquete electrónico primario falle.

17-4 PLANEACION OPERACIONAL

El [Capítulo 6](#) proporciona guías generales para la planeación operacional. La información proporcionada en esta sección es suplementaria al [Capítulo 6](#) y al manual de Operación y Mantenimiento del UBA MK 16 MOD 0. Las unidades que requieran de una capacidad operacional profunda deben permitir oportunidades frecuentes de entrenamiento, asegurando la familiaridad del buzo con los equipos y procedimientos. Se recomiendan buceos de prueba antes de bucear a profundidades mayores de 130 pam. Las calificaciones de los buzos con MK 16 MOD 0 pueden obtenerse completando el Curso de Calificación MK 16 MOD 0 del Centro Naval de Guerra Especial. Las calificaciones se mantienen válidas tanto como se mantengan las calificaciones de buzos de acuerdo con el manual de Personal Militar, artículo 1220. Sin embargo, un buzo quien no ha realizado buceos con MK 16 MOD 0 en los últimos 6 meses debe familiarizarse él mismo nuevamente con los procedimientos de operación y de emergencia (PO y PE) del MK 16 MOD 0, y debe completar un buceo de entrenamiento antes de hacer un buceo operacional. Antes de realizar un buceo con descompresión con MK 16 MOD 0, un buzo quien no lo ha hecho en los últimos 6 meses debe completar buceos de entrenamiento con descompresión en aguas abiertas. Los requerimientos mínimos de personal para operaciones de buceo con MK 16 MOD 0 son las mismas que para SCUBA de circuito abierto, ver [Figura 6-16](#).

17-4.1 Límites de Operación. Los límites de profundidad y tiempo están basados sobre consideraciones de tiempo de trabajo, obligaciones de descompresión, tolerancia al oxígeno y narcosis nitrogénica. La duración esperada del suministro de gas, la duración esperada del absorbente de Co₂, la efectividad de la protección térmica u otros factores, pueden también limitar la profundidad y duración del buceo. Los Supervisores de Buceo deben considerar estos factores limitantes cuando planeen operaciones con UBA de circuito cerrado.

17-4.1.1 Duración de la Botella de Oxígeno. Para el cálculo de la duración del MK 16 MOD 0, solamente es considerada la botella de oxígeno. La duración de esta depende de lo siguiente:

- Volumen inundable de la botella
- Presión inicial previa al buceo
- Presión de reserva requerida
- Consumo de oxígeno por el buzo
- Efecto de la inmersión en agua fría sobre la presión de la botella

17-4.1.1.1 Volumen Inundable de la Botella. El volumen inundable de la botella de oxígeno (vi) es 0.1 pie³ (2.9 litros).

17-4.1.1.2 Presión Inicial Previa al Buceo. La presión inicial es la presión de la botella de oxígeno a la temperatura ambiente cuando ha sido enfriada después de llenarla. Se requiere una presión de reserva de 500 psig para operar el regulador. El cálculo de la presión inicial también debe contar para las pérdidas de gas que resulten de la calibración previa al buceo. El consumo de oxígeno del buzo se calcula en 0.049 p³/min reales (1.4 lpm). Este es un valor

conservador para un buzo nadando a 0.85 nudos. Refiérase a la [Tabla 17-1](#) para información del consumo promedio de gas de respiración y uso de absorbente de CO₂.

Tabla 17-1. Proporciones de Consumo Promedio de Gas de Respiración y Uso de Absorbente de CO₂.

Equipo de Buceo	Presión Sobre el Fondo (Mínima)	Consumo de Gas (Normal)	Consumo de Gas (Trabajo Pesado)	Absorbente de CO ₂		
				Capacidad (lbs)	Duración 40°F (Nota 1)	Duración 70°F (Nota 1)
UBA MK 16 MOD 0 (Mezcla de Gas)	Variable con la presión de la botella	12-15 psi/min	15-17 psi/min	7.75-8.0	5h	6h 40m

Nota:

- La duración del absorbente de CO₂ está basada en la proporción de trabajo confortable (velocidad de nado de 0.8 nudos)

17-4.1.1.3 Efecto de la Inmersión en Agua Fría sobre la Presión de la Botella. La inmersión en agua fría reducirá la presión de la botella y los pies³ reales de gas disponible para el buzo, de acuerdo con la ley de los gases de Charles/Gay-Lussac. La temperatura más fría esperada durante el buceo es usada basándose en la medición directa, datos disponibles o en la experiencia.

17-4.1.1.4 Cálculo de la Duración del Gas. Combinando estos factores se produce la fórmula para la duración del gas del MK 16 MOD 0:

Duración del gas del MK 16 MOD 0 =

$$V_i \times \frac{\left[\left(P_1 \times \frac{T_2}{T_1} \right) - P_R \right]}{VO_2 \times 14.7 \text{ psi}} \times \frac{492}{T_2}$$

Donde:

V_i = Volumen inundable de la botella en pies³

P₁ = Presión inicial en psia

P_R = Presión de reserva en psia

VO₂ = Consumo de oxígeno medicinal en p³/min estándar (32°F)

T₁ = Temperatura del aire ambiental en °R

T₂ = Temperatura más baja esperada en el agua en °R

Factor de conversión Rankine:

°R = °F + 460

Todas las unidades de presión y temperatura deben ser unidades absolutas.

17-4.1.1.5 Ejemplo. La duración de un UBA MK 16 MOD 0 cargado a 2,500 psig para un buceo en aguas con una temperatura de 50°F, cuando la temperatura ambiente es de 65°F, sería calculada como sigue:

$$\text{Duración del gas del MK 16 MOD 0} = 0.1 \times \frac{[(2,514.7 \times 510/525) - 514.7]}{0.049 \times 14.7} \times \frac{492}{510}$$

$$= 258 \text{ minutos}$$

Esta duración no asume pérdidas de gas del UBA durante el buceo y solamente considera el consumo metabólico de oxígeno por el buzo. Los buzos deben estar entrenados para minimizar la pérdida de gas evitando fugas y cambios innecesarios de profundidad. Una causa común de pérdida de gas del UBA es sacar agua de una máscara inundada. Cuando se utiliza una máscara, el gas puede pasar del circuito respiratorio del UBA hacia la máscara y escapar al agua circundante debido a un mal sello en la cara. Las fugas que continúan y no se revisan pueden terminar rápidamente con el suministro de gas del UBA. Además, durante el ascenso del buzo, se abre la válvula de desfogue para descargar el gas de respiración al agua circundante, previniendo así la sobre inflación del diafragma de respiración. Se deben evitar los cambios de profundidad tanto como sea posible para reducir esta pérdida de gas.

- 17-4.1.2 Duración de la Botella de Diluyente.** Bajo condiciones normales la duración anticipada de la botella de diluyente del MK 16 MOD 0 excederá la de la botella de oxígeno. La botella de diluyente del MK 16 MOD 0 contiene aproximadamente 21 pies³ estándar (595 litros) de gas a una presión de almacenamiento de 3,000 psig. El gas diluyente es utilizado para mantener el volumen requerido de gas en el circuito respiratorio y no se termina por consumo metabólico. Conforme el buzo desciende, se añade diluyente para mantener la presión total dentro del sistema de recirculación a la presión ambiental del agua. La pérdida de gas del UBA debido a la gasificación en la profundidad requiere la adición de gas diluyente al circuito respiratorio, ya sea automáticamente mediante la válvula de adición de diluyente, o manualmente a través de la válvula de desvío de diluyente (válvula by-pass), para restablecer el volumen perdido. La pérdida de gas excesiva causada por fugas en la máscara, cambios frecuentes de profundidad o por el armado inapropiado del UBA, terminarán rápidamente con el suministro de gas.
- 17-4.1.3 Duración de la Canastilla.** La duración de la canastilla es estimada usando un escenario de un buzo trabajando. Esto permite un adecuado margen de seguridad para el buzo en cualquier situación. La [Tabla 17-2](#) muestra los límites de duración de la canastilla y absorbentes aprobados para el UBA MK 16 MOD 0.
- 17-4.1.4 Protección Térmica.** Los buzos deben estar equipados con protección térmica adecuada para funcionar efectivamente y con seguridad. Un buzo enfriado empezará, ya sea, a temblar o aumentar su ritmo de esfuerzo, cualquiera de los cuales aumentará el consumo de oxígeno y disminuirá la duración del suministro de oxígeno y la duración de la canastilla. Refiérase al [Capítulo 11](#) para guías de protección térmica.
- 17-4.2 Requerimientos del Equipo.** Los requerimientos de equipo para buceos de entrenamiento con MK 16 MOD 0 son proporcionados en la [Tabla 17-3](#). Dos partes del equipo merecen mención especial:
- **Bote de Seguridad.** Un bote motorizado de seguridad debe estar presente como mínimo para todos los buceos en aguas abiertas. Un bote de seguridad también es recomendado para buceos atendidos desde muelles o buceos desde la costa. Sin embargo, en muchos casos la práctica de buceo seguro, requerirá la presencia de más de un bote de seguridad. El Supervisor de Buceo debe determinar el número de botes requeridos con base en el área de buceo, el plan de evacuación médica, operaciones nocturnas y el número de personal participante en la operación de buceo.

Tabla 17-2. Límites de Duración de la Canastilla para el MK 16 MOD 0.

Duración de la Canastilla con HeO ₂		
Temperatura °F	Profundidad (pam)	Tiempo (minutos)
40 y más alta	0-300	300
29-39	0-100	300
35-39	101-300	240
29-34	101-300	120
Duración de la Canastilla con N ₂ O ₂		
Temperatura °F	Profundidad (pam)	Tiempo (minutos)
29 y más alta	0-50	300
40 y más alta	51-150	200
29-39	51-150	100
Absorbente de CO ₂ Soda lime con Aprobación NAVSEA		
Nombre	Proveedor	NSN
Sodasorb High Performance, Regular	W. R. Grace	6810-01-113-0110
Sofnolime Malla NI 4-8, Grado L	O. C. Lugo	6810-01-113-0110
Sofnolime Malla NI 8-12, Grado D	O. C. Lugo	6810-01-412-0637

- **Líneas de Compañeros.** Las líneas de compañeros son consideradas equipo de seguridad importante para buceos con UBA de circuito cerrado. En situaciones especiales de buceo, tales como ciertas operaciones con buzos de combate o buceo atendido por tenders, no puede ser factible el uso de estas líneas. El Supervisor de Buceo llevará buceos sin líneas de compañeros solamente en situaciones donde no es factible su uso o donde su uso pondría en mayor riesgo a los buzos que si se buceara sin ellas.

- 17-4.2.1 **Líneas de Distancia.** Cualquier línea de compañeros de más de 10 pies (3 metros) de longitud es referida como línea de distancia. Su longitud no debe exceder de 81 pies (25 metros). Las líneas de distancia estarán conectadas de manera segura a ambos buzos.
- 17-4.2.2 **Buzo Standby o de Reserva.** Cuando sea apropiado durante los buceos de entrenamiento o en operaciones donde no influya, se puede usar el scuba con circuito abierto hasta una profundidad máxima de 130 pam.
- 17-4.2.3 **Líneas.** Las líneas de marcación para los buzos estarán fabricadas de cualquier línea ligera que tenga flotabilidad y que sea marcada fácilmente como está indicado en el [párrafo 17-4.2.4](#) (cabo de polipropileno de ¼ de pulgada es bastante conveniente).
- 17-4.2.4 **Marcado de Líneas.** Las líneas utilizadas para controlar la profundidad del(os) buzo(s) deben ser marcadas para los buceos de descompresión. Esto incluye las líneas de atención, líneas de marcación y líneas “puente”. Las líneas deben ser marcadas con bandas rojas, amarillas o negras empezando en el extremo del buzo o del contrapeso. Las marcas rojas indicarán 50 pies y las amarillas o negras marcarán cada 10 pies.
- 17-4.2.5 **Boya de Marcación del Buzo.** Las boyas de marcación del buzo serán construidas para proporcionar una referencia visual adecuada para verificar la localización del buzo. Además, la cantidad de línea será de suficiente longitud para el perfil del buceo planeado.

Tabla 17-3. Requerimientos del Equipo de Buceo UBA MK 16.

Generalidades	Supervisor de Buceo	Buzos	Buzo Standby
1. Bote de seguridad motorizado (Nota 1)	1. Reloj de buceo	1. Reloj de buceo (Nota 2)	1. Reloj de buceo
2. Radio (comunicación con la unidad madre, cámara, comunicación entre el bote de seguridad cuando sea factible)	2. Lista de materiales de buceo	2. Máscara o visor	2. Máscara o visor
3. Luz de alta intensidad y haz ancho (operaciones nocturnas)	3. Tablas Estándar de Descompresión con Aire de la Marina de E. U.	3. Aletas	3. Aletas
4. Banderas de buceo y/o luces para operaciones especiales según sea requerido	4. Tablas de Descompresión para UBA con Mezcla de Gases y Circuito Cerrado usando 0.7 ATA de ppO ₂ Constante en Nitrógeno y Helio	4. Navaja de buceo	4. Navaja de buceo
5. Suficiente agua potable (2.2 lts) en caso de daño químico	5. Equipo de llamado	5. Chaleco salvavidas aprobado	5. Chaleco salvavidas aprobado
		6. Protección térmica apropiada	6. Protección térmica apropiada
		7. Profundímetro	7. UBA con la misma capacidad de profundidad
		8. Línea de compañero (apropiada para operaciones SPECWAR) (Nota 1)	8. Profundímetro
		9. Línea de atención	9. Cinturón con pesas (si es necesario)
			10. Línea de atención

Notas:

- Vea el párrafo 17-4.2
- Vea el párrafo 17-4.2.6

17-4.2.6 Profundímetro/Reloj de Pulsera. Un solo profundímetro o reloj de pulsera pueden ser usados cuando se buceo con un compañero y una línea de distancia.

17-4.3 Consideraciones de la Cámara de Recompresión. No se requiere que se tenga una cámara de recompresión y un Oficial Médico de Buceo en la estación (*en la estación* es definido como la localización de buceo) como pre-requisito para operaciones de buceo con UBA de circuito cerrado, a menos que el buzo exceda el límite máximo de trabajo. Sin embargo, se deben determinar las siguientes cosas antes de iniciar las operaciones de buceo:

- Localización de la cámara de recompresión en funcionamiento más cercana. Se debe obtener la confirmación positiva de la disponibilidad de la cámara para el caso de una emergencia.
- Localización del Oficial Médico de Buceo disponible más cercano si no se encuentra en el lugar de la cámara de recompresión más cercana.
- Localización de las instalaciones médicas más cercanas para el tratamiento de daños y problemas médicos que no requieran terapia de recompresión.
- El método óptimo de transporte hacia la cámara de tratamiento o instalación médica. Si es necesaria la coordinación con otras unidades para obtener una aeronave, bote o vehículo, el Supervisor de Buceo deberá saber los números telefónicos y puntos de contacto necesarios para tener disponibles estas instalaciones tan rápido como sea posible en el caso de una emergencia. El plan de evacuación médica deberá estar incluido en la lista de verificación del Supervisor. Se recomienda que se prepare una lista de verificación de asistencia de emergencia similar a la del [Capítulo 6](#).

17-4.4 Seguridad en Barcos. Cuando las operaciones son realizadas en la vecindad de barcos, deben seguirse las guías proporcionadas en la Lista de Verificación de Seguridad en Reparación de Barcos (ver Capítulo 6).

17-4.5 Autorización de Área Operacional. La notificación de intención de realizar operaciones de buceo debe ser coordinada de acuerdo con las directivas locales.

17-5 PROCEDIMIENTOS PREVIOS AL BUCEO

17-5.1 Informe o Resumen del Supervisor de Buceo. Un informe o resumen completo y bien preparado refuerza el nivel de confianza de los buzos e incrementa la seguridad, y es un factor importante en el término de las operaciones con éxito. Normalmente será dado por el Supervisor de Buceo, quien estará a cargo de todas las operaciones de buceo en el lugar de trabajo. El informe será dado aparte del informe del trabajo completo y enfocará la parte de buceo de la operación, dando especial atención a los puntos mostrados en la [Tabla 17-4](#). Las señales por jalones de línea en buceos con el UBA MK 16 MOD 0 son listadas en la [Tabla 17-5](#). Para el buceo con UBA MK 16 MOD 0, use la lista de verificación apropiada proporcionada en el manual de Operación y Mantenimiento del mismo. Se recomienda que los Supervisores de Buceo para buceos con MK 16 MOD 0 utilicen la Hoja de Registro de Buceo mostrada en la [Tabla 17-6](#).

17-5.2 Verificación del Supervisor de Buceo. Como los buzos ajustan y preparan sus UBA antes del buceo, el Supervisor de Buceo se debe asegurar que cada uno de los buzos verifique su propio equipo, que el ajuste sea realizado apropiadamente verificando el UBA y que cada buzo complete una lista de verificación del manual de operación y mantenimiento previo al buceo. La segunda fase de la revisión por parte del Supervisor de Buceo es realizar una inspección previa al buceo después que los buzos se han equipado. El Supervisor de Buceo se debe asegurar que el UBA y el equipo relacionado (chaleco salvavidas, cinturón con pesas, etc.) estén colocados de manera apropiada, que el equipo relacionado con la misión o trabajo (compás, profundímetro, reloj de buceo, líneas de compañero, equipo táctico, etc.) esté disponible y que el UBA funcione correctamente antes de permitir que los buzos entren al agua. En el manual de operación y mantenimiento del MK 16 MOD 0 se proporcionan listas de verificación apropiadas para confirmar que el UBA funciona correctamente.

Tabla 17-4. Informe de Buceo para el UBA MK 16 MOD 0.

A. Plan de Buceo	F. Comunicaciones
1. Profundidad de operación	1. Frecuencia primaria y secundaria
2. Tiempos de buceo	2. Señales de llamada
3. Tablas de descompresión o tablas CSMD	G. Procedimientos de Emergencia
4. Distancia, rumbo y tiempos de tránsito	1. Síntomas por elevación del CO ₂
5. Todos los obstáculos o riesgos conocidos	2. Revisión de manejo de la toxicidad por CO ₂ , hipoxia, daño químico, buzo inconsciente
B. Medioambiente	3. Mal funcionamiento del UBA (refiérase al manual de mantenimiento para una discusión detallada)
1. Condiciones meteorológicas	<ul style="list-style-type: none">▪ Falla del sensor de oxígeno
2. Temperatura del agua y del aire	<ul style="list-style-type: none">▪ Baja ppO₂
3. Visibilidad en el agua	<ul style="list-style-type: none">▪ Alta ppO₂
4. Mareas/corrientes	<ul style="list-style-type: none">▪ Falla electrónica
5. Profundidad del agua	<ul style="list-style-type: none">▪ Batería baja
6. Tipo de fondo	<ul style="list-style-type: none">▪ Flujo libre del diluyente
7. Localización geográfica	<ul style="list-style-type: none">▪ Falla de la válvula de adición de diluyente
C. Asignaciones del Personal	<ul style="list-style-type: none">▪ Sistema inundado
1. Parejas de buceo	4. Procedimientos de pérdida de aletas
2. Supervisor de Buceo	5. Plan de descompresión omitida
3. Oficial de Buceo	6. Plan de evacuación médica
4. Buzo Standby o en Espera	<ul style="list-style-type: none">▪ Cámara disponible más cercana
5. Personal médico de buceo	<ul style="list-style-type: none">▪ Oficial Médico de Buceo más cercano
6. Personal de apoyo de la base de operaciones	<ul style="list-style-type: none">▪ Plan de transporte
D. Equipo Especial para:	<ul style="list-style-type: none">▪ Recuperación de otro par de aletas
1. Buzos (incluye protección térmica)	H. Tiempos para Operación
2. Supervisor de Buceo	I. Verificación de Tiempo
3. Buzo Standby o en Espera	
4. Personal médico	
E. Revisión de las Señales de Buceo	
1. Señales de mano	
2. Señales de jalones de línea para UBA MK 16 MOD 0 (Tabla 17-5)	

Tabla 17-5. Señales por Jalones de Línea para el UBA MK 16 MOD 0.

Señal	De	A	Significado
1 jalón	Buzo	Tender	Comunicación mediante jalones iniciada
7 jalones	Buzo	Tender	He empezado, encontrado o terminado el trabajo
2-3 jalones	Buzo	Tender	Tengo síntomas de descompresión
3-2 jalones	Buzo	Tender	Respirando del SRE (Sistema de Respiración de Emergencia)
4-2 jalones	Buzo	Tender	Falla en el equipo
2-1	Buzo Tender	Tender Buzo	Comunicación mediante jalones terminada

Tabla 17-6. Hoja de Registro de Buceo con MK 16 MOD 0.

HOJA DE REGISTRO DE BUCEO MK 16 MOD 0										
Supervisor de Buceo					Fecha					
Temperatura del Agua			Temperatura del Aire		Profundidad (pam)					
Tabla		Cédula			Tiempo de Fondo Planeado					
Presión Requerida del SRE					Presión Real del SRE					
	Nombre	Grupo Repetitivo	Nº de Equipo	Presión de O ₂	Presión del Diluyente	Batería %	Deja Superficie	Deja Fondo	Llega a Superficie	Tiempo Total de Fondo
Buzo 1										
Buzo 2										
Buzo Standby										
Velocidad de Descenso	Tiempo Programado en la Parada		Profundidad de la Parada		Tiempo Real en la Parada			Tiempo de Viaje	Observaciones	
	Buzos	Standby			Buzos	Standby				
			10							
			20							
			30							
			40							
			50							
			60							
			70							
			80							

17-6 ENTRADA AL AGUA Y DESCENSO

La velocidad máxima de descenso es de 60 pies/minuto. Durante el descenso, el UBA automáticamente compensará por el incremento de presión de agua y proveerá un volumen adecuado de gas para respiración. Durante el descenso la presión parcial de oxígeno puede incrementarse conforme se añade oxígeno a la mezcla respiratoria como una porción del diluyente. Dependiendo de la velocidad y profundidad de descenso, la pantalla primaria del UBA MK 16 MOD 0 puede iluminar la luz verde intermitente. Puede tomar de 2 a 15 minutos consumir el oxígeno adicional añadido por el diluyente durante el descenso. Mientras respira para bajar la ppO₂, el buzo debería verificar continuamente la pantalla primaria y secundaria hasta que la ppO₂ regrese al nivel del punto de ajuste.

17-7 PROCEDIMIENTOS BAJO EL AGUA

- 17-7.1 Guías Generales.** Los buzos se deberán apagar a las siguientes guías conforme es realizado el buceo:

ADVERTENCIA **La falla en la adhesión a estas guías podría resultar en lesión grave o muerte.**

- Verifique la pantalla primaria y secundaria frecuentemente (cada 2 a 3 minutos)
- Use la protección térmica adecuada
- Conozca y utilice la cantidad apropiada de peso para la protección térmica usada y el equipo llevado
- Cada uno verifique el equipo del otro cuidadosamente buscando fugas al inicio del buceo
- No exceda la duración de la canastilla del UBA y los límites de profundidad para el buceo ([párrafo 17-4.1.3](#))
- Minimice la pérdida de gas del UBA (evite fugas en la máscara y los cambios de profundidad frecuentes, si es posible)
- Mantenga contacto físico o visual frecuente con su compañero
- Esté alerta por síntomas sugestivos de un problema médico ([párrafo 17-11](#))
- Utilice las corrientes y mareas para obtener su máxima ventaja

- 17-7.2 En la Profundidad.** Si el UBA está funcionando normalmente a la profundidad, no se requerirán ajustes. El sistema de control de la ppO₂ añadirá oxígeno de tiempo en tiempo. Verifique la pantalla primaria y secundaria del UBA y los manómetros de alta presión en estricto apego al manual de operación y mantenimiento del MK 16 MOD 0. Las partes a checar incluyen:

- **Pantalla Primaria.** Verifique frecuentemente la pantalla primaria para asegurar que el nivel de oxígeno se mantiene en el punto de ajuste durante la actividad normal a una profundidad constante.
- **Pantalla Secundaria.** Verifique frecuentemente la pantalla secundaria (cada 2 a 3 minutos) para asegurar que todos los sensores están de acuerdo a lo indicado en la pantalla primaria y que los voltajes mayor y menor de la batería están indicados apropiadamente.

- **Indicadores de Alta Presión.** Verifique frecuentemente el indicador de presión de diluyente y de oxígeno para asegurar que el suministro de gas es adecuado para terminar el buceo.

17-8 PROCEDIMIENTOS DE ASCENSO

La velocidad máxima de ascenso para el MK 16 MOD 0 es de 30 pies por minuto. Durante el ascenso, cuando disminuye la presión del agua, el diafragma de la válvula de escape compensa por el aumento de volumen de gas, descargando el exceso de gas hacia el agua. Como resultado de esto, el oxígeno en la mezcla de gas de respiración puede ser ventilado más rápido que el oxígeno que es reemplazado por la válvula de adición de oxígeno. En este caso, la pantalla primaria puede alternar la luz roja/verde antes que aparezca la señal de baja ppO₂ (luz roja intermitente). Este es un período normal de transición y no debería de causar preocupación. Verifique la pantalla secundaria frecuentemente durante el ascenso y añada oxígeno oprimiendo la válvula de desvío (válvula “by-pass”) durante esta fase.

17-9 PROCEDIMIENTOS POSTERIORES AL BUCEO

Los procedimientos posteriores al buceo serán completados de acuerdo con la lista de verificación posterior al buceo del el manual de operación y mantenimiento del UBA MK 16 MOD 0.

17-10 PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESIÓN

Cuando se bucea con un UBA con circuito abierto, la ppO₂ aumenta con la profundidad. Con un UBA con circuito cerrado, la ppO₂ se mantiene constante a un nivel ajustado previamente sin importar la profundidad. Por lo tanto, no pueden usarse las Tablas de Descompresión Estándar de la Marina de E. U. Abajo se muestran los tres métodos para determinar la obligación de descompresión de buzos con MK 16 MOD 0.

NOTA **La descompresión en superficie no está autorizada para operaciones con UBA MK 16 MOD 0. No se han desarrollado tablas de descompresión en superficie apropiadas para buceos con circuito cerrado y ppO₂ constante de 0.7 ata.**

- 17-10.1 **Computadora de Buceo de la Marina.** La Computadora de Buceo de la Marina (NDC) es una computadora de descompresión llevada por el buzo, que calcula la obligación de descompresión de los buzos en tiempo real. Está autorizada para usar con el MK 16 MOD 0 cuando se usa aire como diluyente. La NDC asume que el buzo está respirando aire a profundidades menores que 78 pam y está usando un MK 16 MOD 0 a profundidades mayores.
- 17-10.2 **Uso de Tablas de Descompresión con ppO₂ Constante.** Las tablas de descompresión con ppO₂ constante para Oxígeno en Nitrógeno ([Tabla 17-11](#)), y Oxígeno en Helio ([Tabla 17-12](#)) están incluidas al final de este capítulo.
- 17-10.3 **Tablas de Buceo Multinivel de Nadadores de Combate.** El uso de los procedimientos de Buceo Multinivel de Nadadores de Combate (CSMD) proporciona a los buzos SPECWAR la opción de realizar buceos multinivel con el MK 16 MOD 0 a una profundidad de 70 pam. Sin embargo, los procedimientos CSMD pueden usarse para buceos entre 70 y 110 pam, añadiendo 10 pam a la profundidad cuando se entra a la tabla.
- 17-10.4 **Verificación de la ppO₂.** Durante la descompresión, es muy importante checar frecuentemente la pantalla secundaria y asegurarse que la ppO₂ se mantiene lo más cerca posible a 0.7 ata. Siempre utilice la tabla de descompresión apropiada cuando esté ascendiendo a la superficie, aún si la falla del UBA ha alterado significativamente la ppO₂.

17-10.4.1 Reglas para el Uso de las Tablas de Descompresión con 0.7 ata de ppO₂ Constante en Nitrógeno y Helio.

NOTA **Las reglas para el uso de tablas con 0.7 ata ppO₂ son las mismas para nitrógeno y helio; sin embargo, las tablas no son intercambiables.**

- Estas tablas están diseñadas para ser usadas con el UBA MK 16 MOD 0 (o cualquier otro UBA con circuito cerrado y ppO₂ constante) con un punto de ajuste de oxígeno de 0.7 ata.
- Cuando se utilice helio como gas inerte, la cantidad de nitrógeno debe ser minimizada en el circuito respiratorio. Purgue bien el UBA con helio-oxígeno usando el procedimiento de purga apropiado en el manual de operación y mantenimiento del UBA MK 16 MOD 0.
- Las tablas están agrupadas por profundidad. Dentro de cada tabla de descompresión, los buceos con exposiciones excepcionales están separados por una línea negra. Estas tablas están diseñadas para ser divididas por la línea de exposición excepcional. Las cédulas de exposición excepcional se proporcionan para circunstancias imprevistas cuando un buzo pudiera experimentar una excursión descendente inadvertida o por una razón imprevista sobrepasa el tiempo de fondo planeado. Los buceos con exposición excepcional planeados requieren aprobación anticipada del CNO.
- Las tablas/cédulas son seleccionadas de acuerdo con la máxima profundidad alcanzada durante el buceo y el tiempo de fondo (tiempo desde que se deja la superficie hasta que se deja el fondo).
- Las reglas generales para el uso de estas tablas son las mismas que para las tablas estándar de aire:
 1. Entre a la tabla a la profundidad enlistada que sea exactamente igual a o la próxima mayor que la máxima profundidad alcanzada durante el buceo.
 2. Seleccione el tiempo de fondo de los enlistados para la profundidad seleccionada que sea exactamente igual a o el próximo mayor que el tiempo de fondo del buceo.
 3. Nunca intente interpolar entre las cédulas de descompresión.
 4. Use las paradas de descompresión enlistadas para el tiempo de fondo seleccionado.
 5. Asegúrese que el pecho de los buzos se mantenga tan cerca como sea posible de cada parada de descompresión durante el número de minutos indicados.
 6. La máxima velocidad de ascenso es de 30 pies por minuto.
 7. Empiece el tiempo de cada parada al llegar a la profundidad de la parada de descompresión y continúe el ascenso cuando haya terminado el tiempo especificado. No incluya al tiempo de ascenso como parte del tiempo de la parada.
 8. La última parada puede tomarse en 20 pam si se desea. Después de terminar el tiempo descrito en la parada de 20 pam, manténgase a cualquier profundidad entre 10 y 20 pam inclusive por el tiempo de la parada de 10 pam como está indicado en la tabla de descompresión apropiada.
 9. Utilice la tabla de descompresión apropiada por el método de descompresión seleccionado, a menos que ocurra una emergencia o falla en el equipo. No está

autorizado interpolar entre los diferentes métodos de descompresión para acortar la obligación de descompresión.

- Cuando se seleccione la tabla de descompresión adecuada, deben considerarse todos los buceos dentro de las últimas 12 horas. Son permitidos los buceos repetitivos. Los procedimientos de descompresión para buceos repetitivos varían dependiendo del(os) medio(s) de respiración seleccionado(s) para los buceos anteriores y para el buceo actual. Si un buceo resultó en respirar desde un suministro de aire alterno, entonces no deben hacerse buceos repetitivos dentro de las próximas 12 horas. Refiérase a las siguientes tablas:
 - [Tabla 17-7](#) para Procedimientos de Buceo Repetitivo para Diversos Medios Gaseosos.
 - [Tabla 17-8](#) para la Hoja de Trabajo para Buceos Repetitivos con 0.7 ata de ppO₂ Constante en Nitrógeno.
 - [Tabla 17-9](#) para la Tabla de Límites de No-Descompresión y Designación de Grupo Repetitivo para Buceos de No-descompresión con 0.7 ata de ppO₂ Constante en Nitrógeno.
 - [Tabla 17-10](#) para la Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos Repetitivos con 0.7 ata de ppO₂ Constante en Nitrógeno.

17-10.4.2. **Variaciones de la ppO₂.** Es esperado que la ppO₂ en el UBA MK 16 varíe ligeramente entre 0.6 – 0.9 ata por breves intervalos irregulares. Esto no constituye un mal funcionamiento.

Cuando la adición de oxígeno en el UBA es manualmente controlada, la ppO₂ debe ser mantenida de acuerdo con las técnicas y procedimientos de emergencia anotados en el manual de operación y mantenimiento del MK 16 MOD 0.

El Supervisor de Buceo y el personal médico deben reconocer que un buzo que ha estado respirando una mezcla con ppO₂ más bajo que 0.6 ata por cualquier cantidad de tiempo, puede tener un gran riesgo de desarrollar enfermedad de descompresión. Una vez que el buzo alcanza la superficie será examinado neurologicamente y observado por una hora. El buzo no requerirá tratamiento de recompresión a menos que ocurran síntomas de enfermedad de descompresión.

17-10.5 **Buceos con Descompresión con MK 16 MOD 0.** Cuando se planea un buceo con descompresión con MK 16 MOD 0, el Supervisor de Buceo debe asegurarse de que está disponible una fuente de aire alterna para el buzo en el evento de una falla del MK 16. La fuente de aire debe ser suficiente para permitir al buzo completar su obligación de descompresión como está determinado abajo. Ver el [Capítulo 7](#) por los procedimientos para calcular el volumen de aire requerido.

17-10.5.1 **Sistema de Respiración de Emergencia (SRE).** En situaciones de emergencia (por ejemplo, falla o inundación del UBA), el buzo debe ascender inmediatamente a la primer parada de descompresión, de acuerdo a la cédula de descompresión original y cambiar al suministro de aire alterno. Un suministro de aire alterno puede ser cualquiera cilindro y regulador SCUBA aprobado por ANU. La descompresión subsiguiente es modificada de acuerdo al diluyente de gas originalmente respirado.

Tabla 17-7. Procedimientos para Buceo Repetitivo para Diversos Medios Gaseosos.

ADVERTENCIA

No están autorizados los buceos repetitivos después de un procedimiento de emergencia que requiera un cambio a SRE.

Selección de Procedimientos Repetitivos para Diversos Medios Gaseosos		
Medio Respiratorio Previo (Refiérase a las Notas 1, 2 y 3)	Medio Respiratorio Actual	Procedimiento de la Tabla 17-9
N ₂ O ₂	N ₂ O ₂	A
Aire	N ₂ O ₂	B
N ₂ O ₂	Aire	C
HeO ₂	HeO ₂	D
HeO ₂	Aire	E
Aire	HeO ₂	F
HeO ₂	N ₂ O ₂	G
N ₂ O ₂	HeO ₂	H

Notas:	
1.	Si un medio respiratorio conteniendo helio fue respirado en cualquier momento durante el período de 12 horas inmediatamente anteriores al buceo, use HeO ₂ como el medio respiratorio previo.
2.	Si son utilizados respiradores con el 100% de oxígeno en un buceo junto con otros gases de respiración, trate esa porción del buceo como si se hubiera respirado 0.7 ata de oxígeno en N ₂ .
3.	Si durante un buceo se respira aire y 0.7 ata de oxígeno en N ₂ , trate el buceo completo como un buceo con aire. Si se respira 0.7 ata de O ₂ en N ₂ a profundidades de 80 pam o mayores, añada los siguientes factores de corrección a la profundidad máxima cuando se seleccione la tabla de aire apropiada.

Máxima Profundidad con N ₂ O ₂	Factor de Corrección
Sin Exceder los 80 pam	0
81-99	+5
100-119	+10
120-139	+15
140-150	+20

Tabla 17-7. Procedimientos para Buceo Repetitivo para Diversos Medios Gaseosos. (Continuación).

Notas:

- A. (1) Use la hoja de trabajo ([Tabla 17-8](#)) para los cálculos.
 - (2) Determine la letra de grupo repetitivo para la profundidad y tiempo del buceo realizado desde la [Tabla 17-9](#) para buceos de no-descompresión, o desde las Tablas de Descompresión para UBA con Mezcla de Gases y Circuito Cerrado ([Tabla 17-11 y 17-12](#)) para buceos con descompresión. Si no se encuentra la profundidad o tiempo exacto, vaya al siguiente tiempo más largo o a la siguiente profundidad mayor.
 - (3) Localice la letra de grupo repetitivo en la [Tabla 17-10](#). Muévase a través de la tabla al tiempo de intervalo de superficie correcto. Muévase hacia abajo en la columna para encontrar la designación del nuevo grupo.
 - (4) Muévase hacia abajo de la columna del nuevo grupo de designación a la profundidad del buceo planeado. Este es el Tiempo de Nitrógeno Residual (TNR). Añádalo al tiempo de fondo planeado del siguiente buceo para encontrar la cédula de descompresión y la designación del nuevo grupo.
 - (5) Regla de Excepción para el TNR: Si el buceo repetitivo es a la misma o a más profundidad que el buceo previo y el TNR es más largo que el tiempo de fondo original, utilice el tiempo de fondo original.
- B. Use la designación de grupo repetitivo de la tabla de descompresión estándar con aire o de la tabla de límites de no-descompresión y designación de grupo repetitivo para buceos con aire de no-descompresión para entrar a la [Tabla 17-10](#). Calcule el TNR como se indica en el procedimiento A. No use la tabla de tiempo de nitrógeno residual para buceos repetitivos con aire para encontrar el TNR.
- C. (1) Determine la designación de grupo repetitivo para la profundidad y tiempo del buceo realizado desde la [Tabla 17-9](#) o [Tabla 17-11](#). Si no se encuentra el tiempo o la profundidad exacta, vaya al siguiente tiempo más largo o a la siguiente profundidad mayor.
 - (2) Localice la letra del grupo repetitivo en la [Tabla 17-10](#). Muévase a través de la tabla al tiempo de intervalo de superficie correcto. Muévase hacia abajo hasta el fondo de la columna para la designación del nuevo grupo.
 - (3) Utilice la designación del grupo repetitivo de la [Tabla 17-10](#) como la designación del nuevo grupo en la tabla de tiempo de nitrógeno residual para buceos con aire ([Capítulo 9](#)) para encontrar el TNR.
- D. Añada el tiempo de fondo del buceo actual a la suma del tiempo de fondo de todos los buceos dentro de las últimas 12 horas, para obtener el tiempo de fondo ajustado. Use la máxima profundidad alcanzada dentro de las últimas 12 horas y el tiempo de fondo ajustado para seleccionar el perfil apropiado de la [Tabla 17-12](#).
- E. Añada los tiempos de fondo de todos los buceos dentro de las últimas 12 horas para obtener un tiempo de fondo ajustado. Usando la tabla de descompresión estándar con aire, encuentre la máxima profundidad obtenida durante las pasadas 12 horas y el tiempo de fondo ajustado. El grupo repetitivo de esta tabla de aire puede entonces ser utilizado como el grupo repetitivo en superficie del último buceo. La tabla de tiempo de nitrógeno residual para buceos repetitivos con aire es usada para encontrar el grupo repetitivo al final del intervalo de superficie actual y el tiempo de nitrógeno residual apropiado para el buceo con aire actual.
- F. Calcule el TNR desde la tabla de tiempo de nitrógeno residual para buceos repetitivos con aire usando la profundidad del buceo planeado. Añada el TNR al tiempo de fondo planeado para obtener el tiempo de fondo ajustado. Utilice la [Tabla 17-12](#) para el tiempo de fondo ajustado en la profundidad planeada.
- G. Añada los tiempos de fondo de todos los buceos dentro de las pasadas 12 horas para obtener un tiempo de fondo ajustado. Usando la [Tabla 17-11](#), encuentre la máxima profundidad alcanzada durante las pasadas 12 horas y el tiempo de fondo ajustado. El grupo repetitivo de la tabla puede entonces ser utilizado como el grupo repetitivo de superficie del último buceo. La [Tabla 17-10](#) es usada para encontrar el grupo repetitivo al final del intervalo de superficie actual y el TNR apropiado para el buceo actual.
- H. Calcule el TNR desde la [Tabla 17-10](#) usando la profundidad del buceo previo. Añada el TNR al tiempo de fondo planeado para obtener el tiempo de fondo ajustado. Use la [Tabla 17-12](#) para el tiempo de fondo ajustado en la profundidad planeada.

Tabla 17-8. Hoja de Trabajo para Buceos Repetitivos con 0.7 ata de ppO_2 Constante en Nitrógeno.

HOJA DE TRABAJO DE BUCEOS REPETITIVOS PARA BUCEOS CON N_2O_2 Y 0.7 ATA de OXIGENO	
Parte 1. Buceo Previo:	_____ minutos _____ pies _____ designación de grupo repetitivo de la Tabla 17-9
Parte 2. Intervalo en Superficie:	_____ horas _____ minutos en la superficie _____ grupo repetitivo final de la Tabla 17-10
Parte 3. Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo: Entre a la Tabla 17-10 en la fila de profundidad para el nuevo buceo y en la columna del grupo repetitivo final para encontrar el Tiempo de Nitrógeno Residual (TNR) correspondiente. _____ Minutos de TNR + _____ minutos planeados de tiempo de fondo = _____ minutos de tiempo equivalente de buceo sencillo	
Parte 4. Cédula de Descompresión para el Buceo Repetitivo:	_____ minutos de tiempo equivalente de buceo sencillo de la Parte 3 _____ pies, profundidad del buceo repetitivo

Tabla 17-9. Tabla de Límites de No-Descompresión y Designación de Grupo Repetitivo para Buceos con 0.7 ata de ppO₂ Constante en Nitrógeno.

Profundidad	Límite de No-Descompresión (min)	Designación de Grupo Repetitivo															
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z
10	Ilimitado	720															
20	720	154	423	720													
30	720	31	50	73	98	128	165	211	273	373	634	720					
40	367	17	27	38	50	63	76	91	107	125	144	167	192	222	258	304	367
50	143	12	19	26	34	42	50	59	68	78	88	99	111	123	137	143	
60	74	9	14	20	25	31	37	43	50	57	64	71	74				
70	51	7	11	16	20	25	30	34	39	45	50	51					
80	39	6	10	13	17	21	25	29	33	37	39						
90	32	5	8	11	14	18	21	24	28	31	32						
100	27	5	7	10	13	15	18	21	24	27							
110	24	4	6	9	11	14	16	19	21	24							
120	19	4	6	8	10	12	15	17	19								
130	16	3	5	7	9	11	13	15	16								
140	13	3	5	7	8	10	12	13									
150	11	3	4	6	8	9	11										
Exposición Excepcional																	
160	9	3	4	6	7	9											
170	8	3	4	5	7	8											

Tabla 17-10. Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos Repetitivos con 0.7 ata de ppO_2 Constante en Nitrógeno.

														A	0:00 4:46*	
														B	0:00 2:36 2:35 6:03*	
														C	0:00 1:58 3:30 1:57 3:29 6:57*	
														D	0:00 1:51 2:50 4:22 1:50 2:49 4:21 7:49*	
														E	0:00 1:16 2:43 3:43 5:14 1:15 2:42 3:42 5:13 8:42*	
														F	0:00 0:45 2:09 3:35 4:35 6:07 0:44 2:08 3:34 4:34 6:06 9:34*	
														G	0:00 0:55 1:37 3:01 4:27 5:27 6:59 0:54 1:36 3:00 4:26 5:26 6:58 10:26*	
														H	0:00 1:05 1:47 2:29 3:53 5:20 6:19 7:51 1:04 1:46 2:28 3:52 5:19 6:18 7:50 10:18*	
														I	0:00 1:16 1:58 2:39 3:21 4:45 6:12 7:12 8:43 1:15 1:57 2:38 3:20 4:44 6:11 7:11 8:42 12:10*	
														J	0:00 0:44 2:08 2:50 3:32 4:14 5:37 7:04 8:04 9:36 0:43 2:07 2:49 3:31 4:13 5:36 7:03 8:03 9:35 12:43*	
														K	0:00 0:54 1:36 3:00 3:42 4:24 5:06 6:30 7:26 8:56 10:28 0:53 1:35 2:59 3:41 4:23 5:05 6:29 7:25 8:55 10:27 10:55*	
														L	0:00 1:05 1:47 2:28 3:52 4:34 5:16 5:58 7:22 8:49 9:48 11:20 1:04 1:46 2:27 3:51 4:33 5:15 5:57 7:21 8:48 9:47 11:19 14:47*	
														M	0:00 0:33 1:57 2:37 3:21 4:45 5:26 6:08 6:50 8:14 9:41 10:40 12:12 0:32 1:56 2:36 3:20 4:44 5:25 6:07 6:49 8:13 9:40 10:39 12:11 15:39*	
														N	0:00 0:43 1:25 2:49 3:31 4:13 5:37 6:19 7:01 7:42 9:06 10:33 11:33 13:04 0:42 1:24 2:48 3:30 4:12 5:36 6:18 7:00 7:41 9:05 10:32 11:32 13:03 16:31*	
														O	0:00 0:54 1:36 2:17 3:41 4:23 5:05 6:29 7:11 7:53 8:35 9:45 11:25 12:25 13:57 0:53 1:35 2:16 3:40 4:22 5:04 6:28 7:10 7:52 8:34 9:44 11:24 12:24 13:56 17:24*	
Z	0:00 1:03	1:04 1:45	1:46 2:27	2:28 3:09	3:10 4:32	4:33 5:14	5:15 5:56	5:57 7:20	7:21 8:02	8:03 8:44	8:45 9:20	9:21 10:51	10:52 12:16	12:17 13:16	13:17 14:48	14:49 18:16*
	Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A

Designación de Nuevo Grupo

10																12:00
20																12:00 7:03 2:34
30																
40	6:07	5:04	4:18	3:42	3:12	2:47	2:24	2:05	1:47	1:31	1:16	1:03	0:50	0:38	0:27	0:17
50	3:10	2:23	2:17	2:03	1:51	1:39	1:28	1:18	1:08	0:59	0:50	0:42	0:34	0:26	0:19	0:12
60	2:30	1:40	1:30	1:20	1:14	1:11	1:04	0:57	0:50	0:43	0:37	0:31	0:25	0:20	0:14	0:09
70	2:10	1:20	1:10	1:05	1:00	0:51	0:50	0:45	0:39	0:34	0:30	0:25	0:20	0:16	0:11	0:07
80	1:10	1:05	1:00	0:55	0:50	0:45	0:39	0:37	0:33	0:29	0:25	0:21	0:17	0:13	0:10	0:06
90	1:00	0:55	0:50	0:45	0:42	0:40	0:32	0:31	0:28	0:24	0:21	0:18	0:14	0:11	0:08	0:05
100	0:50	0:45	0:42	0:40	0:38	0:35	0:30	0:27	0:24	0:21	0:18	0:15	0:13	0:10	0:07	0:05
110	0:45	0:40	0:37	0:35	0:33	0:30	0:25	0:24	0:21	0:19	0:16	0:14	0:11	0:09	0:06	0:04
120	0:40	0:38	0:35	0:33	0:30	0:28	0:25	0:20	0:19	0:17	0:15	0:12	0:10	0:08	0:06	0:04
130	0:35	0:34	0:32	0:30	0:28	0:25	0:23	0:20	0:16	0:15	0:13	0:11	0:09	0:07	0:05	0:03
140	0:35	0:30	0:28	0:27	0:25	0:23	0:20	0:19	0:16	0:13	0:12	0:10	0:08	0:07	0:05	0:03
150	0:30	0:29	0:27	0:25	0:23	0:20	0:19	0:18	0:16	0:13	0:11	0:09	0:08	0:06	0:04	0:03
160	0:30	0:28	0:25	0:24	0:23	0:20	0:19	0:18	0:15	0:13	0:10	0:09	0:07	0:06	0:04	0:03
170	0:25	0:24	0:23	0:22	0:20	0:19	0:18	0:17	0:15	0:13	0:10	0:08	0:07	0:05	0:04	0:03

Tiempos de Nitrógeno Residual (Minutos)

* No hay TNR Despues de Este Tiempo

- Diluyente Helio-Oxígeno. Siga la cédula de descompresión original con Helio-oxígeno sin modificación mientras se respira aire.
- Diluyente Nitrógeno-Oxígeno (Aire). Duplique todas las paradas de descompresión remanentes mientras se respira aire. Si el cambio a aire de emergencia se hace mientras se está en una parada de descompresión, entonces duplique el tiempo restante en esta parada y en todas las paradas a menor profundidad. Si el buzo cae dentro de los límites de no-descompresión y ha ocurrido un cambio a un suministro de aire alterno, se requiere una parada obligatoria de 10 minutos a 20 pam.

Si se utiliza cualquiera de estos procedimientos, se le hará al buzo un examen neurológico y se observará en superficie durante una hora. El buzo no requerirá tratamiento de recompresión a menos que ocurran síntomas de enfermedad de descompresión.

- 17-10.5.2 **Descompresión Omitida Asintomática.** Ciertas emergencias pueden interrumpir o prevenir una descompresión específica. La falla del UBA, que se acabe el suministro de gas diluyente o de oxígeno y daños corporales, son ejemplos que constituyen tales emergencias. La descompresión omitida se debe hacer para evitar dificultades posteriores. Los procedimientos para descompresión omitida en un buzo asintomático con MK 16 MOD 0 son los mismos que los procedimientos para descompresión omitida asintomática para buceo con aire, ver la [Tabla 9-3](#). Sin embargo, si el buzo también cambia a una fuente de aire alterna, entonces también se deben modificar las obligaciones de descompresión de acuerdo con el [párrafo 17-5.1](#).
- 17-10.5.3 **Descompresión Omitida Sintomática.** Si el buzo muestra evidencia de enfermedad de descompresión o embolismo gaseoso arterial antes de que la recompresión por descompresión omitida pueda ser llevada a cabo, es esencial el tratamiento inmediato utilizando la tabla de tratamiento adecuada con oxígeno o aire. La guía para la selección y uso de la tabla está dada en el [Capítulo 20](#).

17-11 ASPECTOS MEDICOS DEL UBA CON MEZCLA DE GASES Y CIRCUITO CERRADO

Cuando se está usando un UBA con mezcla de gases y circuito cerrado, el buzo es susceptible a las enfermedades usuales relacionadas con el buceo (ej., enfermedades de descompresión, embolismo gaseoso arterial, barotrauma, etc.). En este capítulo solamente se dirigen los trastornos de buceo que merecen especial atención para los buzos con mezcla de gases y circuito cerrado. Refiérase al [Capítulo 3](#) para una discusión detallada de la fisiología y los trastornos relacionados al buceo.

- 17-11.1 **Toxicidad por Oxígeno del Sistema Nervioso Central (SNC).** El envenenamiento por alta presión de oxígeno es conocido como toxicidad por oxígeno del SNC. Las presiones parciales de oxígeno altas están asociadas con muchos cambios bioquímicos en el cerebro, pero que cambios específicos son responsables de los signos y síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC son actualmente desconocidos. La toxicidad por oxígeno del SNC no es probable que ocurra a presiones parciales por debajo de 1.3 ata, aunque una relativamente breve exposición a presiones parciales arriba de esto, cuando ocurre a profundidad o en una cámara presurizada, puede resultar en toxicidad por oxígeno del SNC causando síntomas relacionados al SNC.
- 17-11.1.1 **Causas de Toxicidad por Oxígeno del SNC.** Los factores que incrementan la probabilidad de toxicidad por oxígeno del SNC son:
- Presión parcial de oxígeno incrementada
 - Tiempo de exposición incrementado

- Inmersión prolongada
- Estrés por ejercicio físico extenuante
- Incremento de bióxido de carbono. El riesgo incrementado de toxicidad por oxígeno del SNC puede ocurrir aún antes de que el buzo esté avisado de cualquier síntoma de incremento de bióxido de carbono.
- Estrés frío resultando en calosfríos o una proporción de ejercicio incrementada conforme el buzo intenta mantenerse caliente.
- Enfermedades sistémicas que incrementan el consumo de oxígeno. Condiciones asociadas con aumento del metabolismo (tal como ciertos trastornos de tiroides o adrenales), tienden a causar un incremento en la sensibilidad al oxígeno. Los buzos con estas enfermedades deben ser excluidos del buceo con oxígeno.

17-11.1.2 Síntomas de Toxicidad por Oxígeno del SNC. Los síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC pueden no siempre aparecer y la mayoría no son síntomas exclusivos de toxicidad por oxígeno. El síntoma más grave de toxicidad por oxígeno del SNC son las convulsiones, las cuales pueden ocurrir repentinamente sin ningún síntoma previo, y pueden resultar en ahogamiento o embolismo gaseoso arterial. Las contracciones son tal vez el aviso más claro de toxicidad por oxígeno, pero pueden ocurrir tarde. La nemotecnia VONCIM-C es una ayuda para recordar los síntomas más comunes de toxicidad por oxígeno del SNC. La aparición de cualquiera de estos síntomas normalmente representa un signo corporal de aflicción de alguna clase y debe ser atendido.

V: Visión. Visión en túnel, una disminución en la visión periférica del buzo, y pueden ocurrir otros síntomas tales como visión borrosa.

O: Oído. Tinnitus (zumbido), es un sonido percibido por los oídos pero no resultante de un estímulo externo. El sonido puede parecerse a timbres de campanas, rugidos o sonidos como de maquinaria pulsando.

N: Nausea o vómito espasmódico. Estos síntomas pueden ser intermitentes.

C: Contracciones o síntomas de hormigueo. Cualquiera de los pequeños músculos faciales, labios o músculos de las extremidades pueden ser afectados. Estos son los síntomas más claros y frecuentes.

I: Irritabilidad. Cualquier cambio en el estado mental del buzo incluyendo confusión, agitación y ansiedad.

M: Mareo. Los síntomas incluyen torpeza, incoordinación y fatiga inusual.

C: Convulsiones.

Los siguientes factores adicionales deben notarse con respecto a una convulsión por oxígeno:

- El buzo es incapaz de llevar una respiración efectiva durante la convulsión.
- Despues de que el buzo es traído a la superficie, habrá un periodo de inconciencia o deterioro neurológico después de la convulsión; estos síntomas son indistinguibles de los de embolismo gaseoso arterial.
- No se debe intentar insertar ningún objeto entre los dientes trabados de un buzo convulsionando. Aunque un buzo convulsionando puede sufrir una laceración de lengua,

este trauma es preferible al trauma que puede ser causado durante la inserción de un objeto extraño. Además, la persona que está proporcionando primeros auxilios puede sufrir una lesión significante en la mano si es mordido por el buzo convulsionando.

- Puede no haber aviso de una convulsión inminente para proporcionar al buzo la oportunidad de retornar a la superficie. Por consiguiente, las líneas de compañeros son esenciales para la seguridad del buceo con oxígeno en circuito cerrado.

17-11.1.3 Tratamiento de Convulsiones en Toxicidad por Oxígeno del SNC. Si ocurren síntomas no convulsivos de toxicidad por oxígeno del SNC, se deben tomar acciones inmediatamente para bajar la presión parcial de oxígeno. Tales acciones incluyen:

- Ascienda. La ley de Dalton bajará la presión parcial de oxígeno.
- Añada diluyente al circuito de respiración.
- Cierre el cilindro de oxígeno si está incontrolada la adición de oxígeno.

Aunque un ascenso desde la profundidad bajará la presión parcial de oxígeno, el buzo puede continuar sufriendo otros o empeorar los síntomas. Los buzos deben notificar al Supervisor de Buceo y terminar el buceo.

17-11.1.4 Tratamiento de Convulsiones Bajo el Agua. Deben tomarse los siguientes pasos cuando se trata un buzo con convulsiones:

1. Asuma una posición detrás del buzo convulsionando. Quítale a la víctima el cinturón con lastre solamente si obstaculiza el progreso a la superficie.
2. No ascienda en el agua hasta que la convulsión ceda.
3. Abra la vía aérea de la víctima y deje la boquilla en su boca. Si esta no está en su boca, no intente recolocarla; sin embargo, asegúrese que la boquilla está en POSICIÓN A SUPERFICIE para prevenir flotabilidad negativa por un UBA inundado.
4. Abrace a la víctima alrededor de su pecho sobre el UBA o entre el UBA y su cuerpo. Si se encuentra dificultad para lograr el control de la víctima de esta manera, el rescatador debe usar el mejor método posible para obtener el control.
5. Ventile el UBA con diluyente para bajar la ppO₂ y mantener la profundidad hasta que la convulsión ceda.
6. Haga un ascenso controlado a la primera parada de descompresión, manteniendo una ligera presión sobre el pecho del buzo para asistir la exhalación.

Si el buzo recupera el control, continúe con la descompresión apropiada.

- Si el buzo permanece incapacitado, llévelo a superficie a una velocidad moderada, estableciendo una vía aérea, y trátelo por descompresión omitida sintomática como se señaló en el párrafo 17-10.5.3.
 - El monitoreo frecuente de las pantallas primaria y secundaria, así como los manómetros de presión de las botellas de oxígeno y diluyente, mantendrá al buzo bien informado de su gas de respiración y estado del equipo.
7. Si se requiere flotabilidad adicional, active el chaleco salvavidas de la víctima. El rescatador no debe liberar su propio cinturón de lastre o inflar su chaleco salvavidas.

- 8.** Una vez alcanzada la superficie, infle el chaleco salvavidas de la víctima si no lo ha hecho previamente.
 - 9.** Quítele la boquilla a la víctima y cambie la válvula a SUPERFICIE para prevenir la posibilidad de que el equipo se inunde y arrastre a la víctima hacia abajo.
 - 10.** Señale por izaje de emergencia.
 - 11.** Asegúrese de que la víctima está respirando. Puede ser necesario iniciar respiración boca a boca.
 - 12.** Si ocurrió una excursión ascendente durante la convulsión actual, transporte a la cámara más cercana y tenga a la víctima evaluada por un individuo entrenado para reconocer y tratar enfermedad relacionada con el buceo.
- 17-11.1.5** **Prevención de la Toxicidad por Oxígeno del SNC.** Se deben de realizar todas las verificaciones previas al buceo para asegurar el funcionamiento apropiado de los sensores de oxígeno y de las válvulas de adición de oxígeno. El monitoreo frecuente de la pantalla primaria y secundaria ayudará a asegurar que sea mantenida la ppO₂ apropiada.
- 17-11.1.6** **Efecto-Apagado.** El efecto-apagado, un riesgo asociado con la toxicidad por oxígeno del SNC, puede ocurrir varios minutos después de que el buzo se queda sin gas o experimenta una reducción de la presión parcial de oxígeno. El efecto-apagado es manifestado por la instalación o empeoramiento de síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC. Si este efecto paradójico es verdaderamente causado por la reducción en la presión parcial de oxígeno o si la asociación es coincidental, se desconoce.
- 17-11.2** **Toxicidad Pulmonar por Oxígeno.** La toxicidad pulmonar por oxígeno puede resultar de la exposición prolongada a presiones parciales de oxígeno elevadas. Esta forma de toxicidad por oxígeno produce irritación pulmonar con síntomas de dolor torácico, tos y dolor a la inspiración que se desarrolla lentamente incrementándose conforme el nivel elevado de oxígeno es respirado. Aunque el oxígeno hiperbárico puede causar grave daño pulmonar, si la exposición al oxígeno es descontinuada antes de que los síntomas lleguen a ser tan severos, los síntomas se reducirán lentamente. Esta forma de toxicidad por oxígeno generalmente es vista durante los tratamientos de descompresión con oxígeno, buceos de saturación y en exposiciones con oxígeno largas y a poca profundidad.
- 17-11.3** **Deficiencia de Oxígeno (Hipoxia).** La hipoxia es una deficiencia anormal de oxígeno en la sangre arterial, en la cual la presión parcial de oxígeno es demasiado baja para cumplir las necesidades metabólicas del cuerpo. El [Capítulo 3](#) contiene una descripción profunda de este trastorno. Aunque todas las células en el cuerpo necesitan oxígeno, los síntomas iniciales de hipoxia son una manifestación de disfunción del sistema nervioso central.
- 17-11.3.1** **Causas de la Hipoxia.** La causa primaria de hipoxia para un buzo con MK 16 es la falla en la válvula de adición de oxígeno o en el control electrónico primario. Sin embargo, durante un ascenso rápido, la ley de Dalton puede causar que la ppO₂ caiga más rápido de lo que puede ser compensada por el sistema de inyección de oxígeno. Si, durante el ascenso, se muestran niveles bajos de oxígeno, reduzca la velocidad de ascenso y añada oxígeno si es necesario. El agotamiento del suministro de oxígeno o el mal funcionamiento de los sensores de oxígeno, también pueden llevar a una mezcla de gases hipódica.
- 17-11.3.2** **Síntomas de Hipoxia.** La hipoxia puede no tener síntomas de advertencia antes de perder la conciencia. Otros síntomas que pueden aparecer incluyen falta de coordinación, confusión, mareo y convulsiones. Es importante notar que si ocurren síntomas de

inconciencia o convulsiones al inicio de un buceo con circuito cerrado, hipoxia, no toxicidad por oxígeno, es la más probable causa.

17-11.3.3 Tratamiento de la Hipoxia. Si se desarrollan síntomas de hipoxia, el buzo debe tomar acciones inmediatas para elevar la presión parcial de oxígeno. Si ocurre inconciencia, el buzo que lo acompaña añadirá oxígeno al equipo mientras verifica la pantalla secundaria. Si el buzo no requiere descompresión, el buzo que lo acompaña debe traer al buzo afectado a la superficie a una velocidad moderada, removerle la boquilla o máscara, y tenerlo respirando aire. Si el caso fue claramente relacionado con hipoxia y el buzo se recupera totalmente con la función neurológica normal poco después de respirar aire en la superficie, no requiere tratamiento por embolismo gaseoso arterial.

17-11.3.4 Tratamiento de Buzos Hipóxicos que Requieren Descompresión. Si los buzos requieren descompresión, el buzo acompañante traerá al buzo afectado a la primer parada de descompresión.

- Si se recupera la conciencia, continúe con la descompresión normal.
- Si no se recupera la conciencia, ascienda a la superficie a una velocidad moderada (no excede 30 pies/minuto), establezca una vía de aire, administre oxígeno al 100% y tráteslo por descompresión omitida sintomática como está indicado en el [párrafo 17-10.5.3](#). Si es posible, se debe obtener asistencia inmediata por parte del buzo stand-by y el buzo que no fue afectado continuará con la descompresión normal.

17-11.4 Intoxicación por Bióxido de Carbono (Hipercapnia). La toxicidad por bióxido de carbono, o hipercapnia, es un nivel de bióxido de carbono anormalmente alto en la sangre y tejidos del cuerpo.

17-11.4.1 Causas de Hipercapnia. La hipercapnia generalmente es un resultado de la falla del material absorbente de bióxido de carbono. La falla puede ser un resultado de la formación de canales en el absorbente, inundación de la canastilla o por saturación del material absorbente de bióxido de carbono. La hipercapnia también puede ser causada por la respiración entrecortada o por una ventilación controlada por el buzo, que resulta en una remoción insuficiente de CO₂ del cuerpo del buzo.

17-11.4.2 Síntomas de Hipercapnia. Los síntomas de la hipercapnia son:

- Frecuencia respiratoria aumentada
- Respiración entrecortada, sensación de dificultad para respirar o sofocación (disnea)
- Confusión o sensación de euforia
- Incapacidad para concentrarse
- Sudoración aumentada
- Somnolencia
- Dolor de cabeza
- Inconciencia

ADVERTENCIA

La hipoxia y la hipercapnia pueden o no dar pequeños avisos al buzo antes de manifestarse la inconsciencia.

Los síntomas son dependientes de la presión parcial de bióxido de carbono, lo cual es un factor de la fracción de bióxido de carbono y de la presión absoluta. Así, se esperaría que los síntomas se incrementen conforme se incrementa la profundidad. La presencia de una alta presión parcial de oxígeno puede también reducir los síntomas tempranos de hipercapnia. Niveles elevados de bióxido de carbono pueden resultar en un episodio de toxicidad por oxígeno del SNC en un normalmente seguro perfil de buceo.

17-11.4.3 Tratamiento de la Hipercapnia. Si se desarrollan síntomas de la hipercapnia, el buzo debe:

- Dejar de trabajar inmediatamente y tomar varias respiraciones profundas.
- Incrementar la ventilación si la posible causa es respiración entrecortada
- Ascender, esto reducirá la presión parcial de bióxido de carbono tanto en el equipo como en sus pulmones
- Si los síntomas no se abaten rápidamente, el buzo debe abortar el buceo
- Durante el ascenso, mientras mantiene una posición vertical, el buzo debe activar su válvula de interconexión, añadiendo gas fresco a su UBA. Si los síntomas son un resultado de inundación de la canastilla, una posición recta disminuye la posibilidad de que el buzo sufra una lesión química
- Si ocurre inconsciencia a profundidad, aplican los mismos principios de manejo para convulsiones bajo el agua como se describió en el párrafo 17-11.1.4.

17-11.4.4 Prevención de la Hipercapnia. Para minimizar el riesgo de hipercapnia:

- Use solo un absorbente de bióxido de carbono aprobado en la canastilla del UBA.
- Siga el procedimiento preescrito de llenado de la canastilla para asegurar que la canastilla está correctamente empacada con absorbente de bióxido de carbono.
- Pruebe sumergiendo el UBA cuidadosamente antes del buceo. Observe por fugas que puedan resultar en inundación de la canastilla.
- No exceda el límite de duración de la canastilla para la temperatura del agua.
- Asegúrese que las válvulas de un solo paso en las mangüeras de suministro y escape están instaladas y trabajando apropiadamente.
- Nade a un paso relajado y cómodo.
- Evite la respiración entrecortada. No hay ventaja para este tipo de respiración en un equipo de circuito cerrado y puede causar niveles elevados de bióxido de carbono en la sangre aún con una canastilla funcionando apropiadamente.

17-11.5 Daño Químico. El término daño químico se refiere a la introducción de una solución cáustica, desde el depurador de bióxido de carbono del UBA, hacia las vías aéreas superiores de un buzo.

17-11.5.1 Causas de Daño Químico. Una solución alcalina resulta cuando el agua que penetra en la canastilla entra en contacto con el absorbente de bióxido de carbono. Cuando el buzo está en posición horizontal o con la cabeza hacia abajo, esta solución puede viajar a través de la manguera de inhalación e irritar o dañar las vías aéreas.

17-11.5.2 Síntomas de Daño Químico. Antes de inhalar realmente la solución cáustica, el buzo puede experimentar respiración forzada o dolor de cabeza, los cuales son síntomas de aumento de bióxido de carbono en el gas de respiración. Esto ocurre porque la acumulación de la solución cáustica en la canastilla pudiera estar deteriorando la absorción de bióxido de carbono. Si el problema no se corrige enseguida, la solución alcalina puede viajar por las mangueras de respiración y consecuentemente ser inhalada o tragada. El ahogamiento, náuseas, sabor horrible y quemaduras de boca y garganta pueden iniciar inmediatamente. Esta condición algunas veces es referida como un “cóctel cáustico”. La magnitud del daño depende de la cantidad y distribución de la solución.

17-11.5.3 Manejo de un Incidente Químico. Si la solución cáustica entra a la boca, nariz o máscara, el buzo debe seguir los siguientes pasos:

- Inmediatamente asuma una posición vertical en el agua.
- Presione continuamente la válvula manual de desvío (by-pass) de diluyente.
- Si el buceo es de no-descompresión, haga un ascenso controlado a la superficie, exhalando a través de la nariz para prevenir una sobrepresurización.
- Si el buceo requiere descompresión, cambie al SRE o a otro suministro de respiración alterno. Si no es posible terminar la descompresión planeada, lleve al buzo a la superficie y trátelo por descompresión omitida como está indicado en el [párrafo 17-10.5](#).

Usando agua potable, enjuague la boca varias veces. Pueden tomarse varios tragos de agua. Si solamente hay disponible agua salada, enjuague la boca pero no trague el agua. Se puede sustituir por otros líquidos si están disponibles, pero no se recomienda el uso de soluciones ácidas débiles (vinagre o jugo de limón). No intente inducir el vómito.

Un daño químico puede causar que el buzo tenga dificultad respiratoria principalmente en el ascenso. Deberá ser observado por signos de un embolismo gaseoso arterial y deberá ser tratado si es necesario. Una víctima de daño químico deberá ser evaluada por un doctor o cuerpo médico tan pronto como sea posible. La dificultad respiratoria, la cual puede resultar de un trauma químico a las vías aéreas, requiere de hospitalización inmediata.

17-11.5.4 Prevención de Daño Químico. Las lesiones químicas se previenen mejor con la ejecución de una cuidadosa prueba de inmersión durante el ajuste previo al buceo para detectar cualquier fuga del sistema. También debe darse especial atención a la válvula rotaria de la boquilla en la entrada y salida del agua para prevenir la entrada de agua hacia el circuito de respiración. Adicionalmente, los compañeros de buceo deben ejecutar una cuidadosa verificación por fugas uno a otro, antes de dejar la superficie al inicio de un buceo.

17-11.6 Enfermedades de Descompresión en el Agua. Las enfermedades de descompresión se pueden desarrollar en el agua durante un buceo con MK 16 MOD 0. Los síntomas de enfermedad de descompresión pueden ser dolor en las articulaciones o pueden ser manifestaciones más serias tales como entumecimiento, pérdida de la función muscular o vértigo.

El manejo de las enfermedades de descompresión en el agua será difícil en la mejor de las circunstancias. Aquí solamente se pueden presentar guías generales. Las decisiones del

manejo deben ser hechas en el sitio, tomando en cuenta todos los factores conocidos. Se debe buscar la asesoría de un Oficial Médico de Buceo siempre que sea posible.

17-11.6.1 **Buzo Manteniéndose en el Agua.** Si el buzo señala que tiene enfermedad de descompresión pero siente que puede mantenerse en el agua:

1. Envíe al buzo en espera (stand-by).
2. El buzo tiene que descender a la profundidad de alivio de los síntomas en incrementos de 10 pam, pero no a más de dos incrementos (ej., 20 pam).
3. Calcule un nuevo perfil de descompresión multiplicando todas las paradas por 1.5. Si la recompresión fue más profunda que la profundidad de la primer parada en la cédula de descompresión original, use un tiempo de parada igual a 1.5 veces la primer parada en la cédula de descompresión original para una o dos paradas más profundas que la primer parada original.
4. Ascienda con el nuevo perfil.
5. Alargue las paradas según sea necesario para controlar los síntomas.
6. Una vez en la superficie, transporte al buzo a la cámara más cercana. Si está asintomático, tráteslo con la [Tabla de Tratamiento 5](#). Si está sintomático, tráteslo de acuerdo con las guías dadas en el [Capítulo 20](#).

17-11.6.2 **Buzo Dejando el Agua.** Si el buzo señala que tiene enfermedad de descompresión pero siente que no puede mantenerse en el agua:

1. Lleve al buzo a la superficie a una velocidad moderada (no exceda 30 pies/min)
2. Si se tiene una cámara de recompresión en el sitio (ej., dentro de 30 minutos), recomprima al buzo inmediatamente. En el [Capítulo 20](#) se dan guías para la selección y uso de las tablas de tratamiento.

Si no se tiene una cámara de recompresión en el sitio, siga las guías de manejo dadas en el Volumen 5.

17-2 DATOS DE REFERENCIA DEL EQUIPO DE BUCEO MK 16

La [Figura 17-5](#) indica los requerimientos de capacidades y logística del sistema de buceo con mezcla de gases UBA MK 16 MOD 0. El equipo mínimo requerido para la fase de buceo en alberca realizado en la escuela de buceo de la Marina y por comandos MK 16 MOD 1 RTD & E puede ser modificado según sea necesario. Cualquier modificación a los requerimientos mínimos del equipo aquí listado debe ser anotada en lecciones aprobadas de guías de entrenamiento o SOP.

CARACTERISTICAS GENERALES DEL UBA MK 16

Principios de Operación:

Sistema autónomo con circuito cerrado y ppO₂ constante

Equipo Mínimo:

1. Un Salvavidas o Compensador de Flotabilidad (CF) aprobado. Cuando se utiliza un CF aprobado, es requerida una máscara de cara completa.
2. Cuchillo de buceo
3. Aletas
4. Visor o máscara completa
5. Cinturón con lastre (según sea requerido)
6. Reloj de buceo o Profundímetro/Cronómetro de Buceo (según sea requerido)
7. Profundímetro o Profundímetro/Cronómetro de Buceo (según sea requerido)

Aplicaciones Principales:

1. Operaciones especiales de Guerra
2. Búsqueda e inspección
3. Recuperación y reparaciones ligeras

Ventajas:

1. Mínimas burbujas en superficie
2. Optima eficiencia del suministro de gas
3. Portabilidad
4. Excelente movilidad
5. Comunicaciones (cuando es usado con una máscara completa aprobada)
6. Montaje por módulos
7. Baja emisión acústica

Desventajas:

1. Extensos requerimientos de descompresión para largos tiempos de fondo o buceos profundos
2. Limitada protección térmica y física
3. No hay comunicación por voz (a menos que se use la máscara completa)
4. Extensos procedimientos previos y posteriores al buceo

Restricciones:

Límite de trabajo hasta 150 pies, aire como diluyente; 200 pies, HeO₂ como diluyente

Consideraciones Operacionales:

1. Grupo de buceo
2. Se requiere bote(s) de seguridad
3. Se debe usar cédula de descompresión para el MK 16 (a menos que se usen los procedimientos CSMD (Buceo Multinivel para Nadadores de Combate) a 70 pies y a menos profundidad, o procedimientos de descompresión con aire a 70 pies y menos profundidad)

Figura 17-5. Características Generales del UBA MK 16.

Tabla 17-11. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Nitrógeno.
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)												TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO	
			Tiempo de las Paradas (min)														
40	367	1:20													0	1:20	Z
	Exposición Excepcional																
	370	1:00													1	2:20	*
	380	1:00													2	3:20	*
	390	1:00													3	4:20	*
50	143	1:40													0	1:40	O
	150	1:20													4	5:40	O
	160	1:20													8	9:40	O
	170	1:20													12	13:40	O
	180	1:20													16	17:40	Z
	190	1:20													19	20:40	Z
	200	1:20													22	23:40	Z
	210	1:20													25	26:40	Z
	220	1:20													29	30:40	Z
	230	1:20													33	34:40	Z
	240	1:20													38	39:40	Z
	250	1:20													42	43:40	Z
	260	1:20													46	47:40	Z
	270	1:20													49	50:40	Z
	280	1:20													53	54:40	Z
	290	1:20													56	57:40	Z
	300	1:20													59	60:40	Z
	310	1:20													62	63:40	Z
	320	1:20													64	65:40	Z
	330	1:20													67	68:40	Z
	Exposición Excepcional																
	340	1:20													70	71:40	*
	350	1:20													73	74:40	*
	360	1:20													77	78:40	*
	370	1:20													80	81:40	*
	380	1:20													84	85:40	*
	390	1:20													87	88:40	*
60	74	2:00													0	2:00	L
	80	1:40													4	6:00	L
	90	1:40													9	11:00	M
	100	1:40													13	15:00	N
	110	1:40													17	19:00	O
	120	1:40													25	27:00	O
	130	1:40													32	34:00	O
	140	1:40													39	41:00	O
	150	1:40													45	47:00	Z
	160	1:40													50	52:00	Z

* Los buceos repetitivos no están autorizados para buceos debajo de la Exposición Excepcional

Tabla 17-11. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Nitrógeno (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam) Tiempo de las Paradas (min)												TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO			
			130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10				
60	170	1:40													56	58:00	Z		
	180	1:20													4	56	65:00	Z	
	190	1:20													8	62	72:00	Z	
	200	1:20													12	65	79:00	Z	
	210	1:20													16	68	86:00	Z	
	220	1:20													19	71	92:00	Z	
	230	1:20													22	74	98:00	Z	
	240	1:20													25	76	103:00	Z	
	250	1:20													28	79	109:00	Z	
	260	1:20													30	82	114:00	Z	
	270	1:20													32	85	119:00	Z	
	280	1:20													36	87	125:00	Z	
	Exposición Excepcional																		
	290	1:20													40	89	131:00	*	
	300	1:20													44	92	138:00	*	
	310	1:20													47	94	143:00	*	
	320	1:20													51	96	149:00	*	
	330	1:20													54	98	154:00	*	
	340	1:20													57	100	159:00	*	
	350	1:20													60	102	164:00	*	
	360	1:20													63	105	170:00	*	
	370	1:20													66	108	176:00	*	
	380	1:20													68	111	181:00	*	
	390	1:20													71	114	187:00	*	
70	51	2:20													0	2:20	K		
	60	2:00													9	11:20	L		
	70	2:00													18	20:20	L		
	80	2:00													25	27:20	N		
	90	1:40													3	28	33:20	N	
	100	1:40													8	33	43:20	O	
	110	1:40													12	39	53:20	O	
	120	1:40													16	45	63:20	Z	
	130	1:40													19	51	72:20	Z	
	140	1:40													22	56	80:20	Z	
	150	1:40													29	58	89:20	Z	
	160	1:40													36	62	100:20	Z	
	170	1:40													43	65	110:20	Z	
	Exposición Excepcional																		
	180	1:40													48	70	120:20	*	
	190	1:20													1	53	73	129:20	*
	200	1:20													2	57	76	137:20	*
	210	1:20													6	57	80	145:20	*
	220	1:20													11	56	84	153:20	*
	230	1:20													14	59	86	161:20	*
	240	1:20													18	62	89	171:20	*

* Los buceos repetitivos no están autorizados para buceos debajo de la Exposición Excepcional.

Tabla 17-11. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Nitrógeno (Continúa).
 (VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam) Tiempo de las Paradas (min)												TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO	
			130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
70	250	1:20											21	65	92	180:20	*
	260	1:20											24	69	93	188:20	*
	270	1:20											27	71	97	197:20	*
	280	1:20											29	75	99	205:20	*
	290	1:20											31	78	102	213:20	*
	300	1:20											33	81	105	221:20	*
	310	1:20											35	83	110	230:20	*
	320	1:20											37	86	113	238:20	*
	330	1:20											42	85	118	247:20	*
	340	1:20											45	86	124	257:20	*
	350	1:20											49	88	127	266:20	*
80	39	2:40											0	2:40	J		
	40	2:20											1	3:40	J		
	50	2:20											15	17:40	K		
	60	2:20											27	29:40	L		
	70	2:00											9	28	39:40	M	
	80	2:00											18	28	48:40	N	
	90	2:00											25	34	61:40	O	
	Exposición Exceptional																
	100	1:40											3	28	42	75:40	*
	110	1:40											8	28	50	88:40	*
	120	1:40											12	29	57	100:40	*
	130	1:40											16	36	57	111:40	*
	140	1:40											19	42	62	125:40	*
	150	1:40											21	49	66	138:40	*
	160	1:40											24	55	70	151:40	*
	170	1:40											29	57	75	163:40	*
	180	1:40											36	57	79	174:40	*
	190	1:40											43	56	84	185:40	*
	200	1:20											1	47	60	196:40	*
	210	1:20											2	52	64	209:40	*
	220	1:20											3	56	68	221:40	*
	230	1:20											7	56	73	234:40	*
	240	1:20											11	56	77	245:40	*
	250	1:20											14	57	80	257:40	*
	260	1:20											18	57	84	270:40	*
	270	1:20											21	59	85	283:40	*
	280	1:20											24	63	85	123	297:40
	290	1:20											27	66	85	130	310:40
	300	1:20											29	70	88	133	322:40
	310	1:20											31	73	91	137	334:40
	320	1:20											33	76	94	141	336:40
	*																

* Los buceos repetitivos no están autorizados para buceos debajo de la Exposición Excepcional.

Tabla 17-11. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Nitrógeno (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam) Tiempo de las Paradas (min)												TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO			
			130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10				
90	32	3:00													0	3:00	J		
	40	2:40													14	17:00	J		
	50	2:20													3	28	34:00	L	
	60	2:20													17	28	48:00	M	
	70	12:00**													1	28	28	60:00	N
Exposición Excepcional																			
	80	2:00													10	29	34	76:00	*
	90	2:00													19	28	43	93:00	*
	100	2:00													26	28	52	109:00	*
	110	1:40													4	28	32	124:00	*
	120	1:40													9	28	40	142:00	*
	130	1:40													13	28	49	159:00	*
	140	1:40													16	29	56	176:00	*
	150	1:40													19	36	56	190:00	*
	160	1:40													22	42	57	205:00	*
	170	1:40													24	49	57	221:00	*
	180	1:40													26	55	61	236:00	*
	190	1:40													32	56	67	252:00	*
100	27	3:20													0	3:20	I		
	30	3:00													6	9:20	J		
	35	3:00													17	20:20	J		
	40	3:00													28	31:20	K		
	45	2:40													10	28	41:20	L	
	50	2:40													19	28	50:20	L	
	55	2:40													27	29	59:20	M	
	60	2:20													7	28	28	66:20	N
	65	2:20													14	28	28	73:20	O
Exposición Excepcional																			
	70	2:20													20	28	31	82:20	*
	75	2:20													26	28	36	93:20	*
	80	2:00													3	28	29	104:20	*
	90	2:00													13	28	28	124:20	*
	100	2:00													21	28	33	146:20	*
	110	2:00													27	29	43	167:20	*
110	24	3:40													0	3:40	I		
	25	3:20													3	6:40	I		
	30	3:20													17	20:40	J		
	35	3:00													2	28	33:40	K	
	40	3:00													14	28	45:40	K	
	45	3:00													25	28	56:40	L	
Exposición Excepcional																			
	50	2:40													7	28	28	66:40	*
	55	2:40													16	28	29	76:40	*
	60	2:40													25	28	28	84:40	*

* Los buceos repetitivos no están autorizados para buceos debajo de la Exposición Excepcional.

** Nota de la traducción: El original en inglés marca 12:00, pero deben ser 2:00

Tabla 17-11. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Nitrógeno (Continúa).

(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)												TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20		
110	65	2:20									4	29	28	32	96:40	*
	70	2:20									12	28	28	38	109:40	*
	80	2:20									24	28	29	50	134:40	*
	90	2:00								7	28	28	33	65	164:40	*
120	19	4:00												0	4:00	H
	20	3:40												1	5:00	I
	25	3:40												12	16:00	J
	30	3:20										4	24	32:00	J	
	35	3:20										14	29	47:00	K	
	40	3:00									5	23	28	60:00	L	
Exposición Excepcional																
	45	3:00									12	28	28	72:00	*	
	50	2:40								2	21	28	28	83:00	*	
	55	2:40								6	27	29	28	94:00	*	
	60	2:40								14	29	28	32	107:00	*	
	70	2:20							3	28	28	29	48	140:00	*	
	80	2:20							17	28	28	30	68	175:00	*	
130	16	4:20												0	4:20	H
	20	4:00												6	10:20	I
	25	3:40										5	17	26:20	J	
	30	3:20									3	9	27	43:20	K	
	35	3:20									7	20	28	59:20	L	
	40	3:00								1	14	27	28	74:20	M	
Exposición Excepcional																
	45	3:00								7	20	28	28	87:20	*	
	50	3:00								13	26	28	29	100:20	*	
	60	2:40							7	26	28	28	42	135:20	*	
	70	2:40							23	28	28	28	66	177:20	*	
140	13	4:40												0	4:40	G
	15	4:20												2	6:40	H
	20	4:00										4	7	15:40	J	
	25	3:40									4	7	21	36:40	J	
	30	3:20								2	7	13	28	54:40	L	
Exposición Excepcional																
	35	3:20								5	12	23	28	72:40	*	
	40	3:00								1	10	16	28	29	88:40	*
	45	3:00								4	14	24	28	28	102:40	*
	50	3:00								10	17	28	28	34	121:40	*
	60	2:40							6	16	29	28	59	170:40	*	
	70	2:40							14	28	28	29	79	216:40	*	

* Los buceos repetitivos no están autorizados para buceos debajo de la Exposición Excepcional.

Tabla 17-11. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Nitrógeno (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam) Tiempo de las Paradas (min)												TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO				
			130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10					
150	11	5:00													0	5:00	F			
	15	4:20													2	4	11:00	H		
	20	4:00													2	7	10	24:00	J	
	25	3:40											3	6	8	24	46:00	K		
	30	3:20									1	7	8	17	29	67:00	L			
Exposición Excepcional																				
	35	3:20									4	8	14	26	28	85:00	*			
	40	3:20									7	15	19	28	28	102:00	*			
	45	3:00							2	13	14	28	28	34	124:00	*				
	50	3:00							8	14	21	28	28	48	152:00	*				
	60	2:40							4	14	22	28	29	30	75	207:00	*			
	70	2:40							11	22	29	28	28	50	91	264:00	*			
160	Exposición Excepcional																			
	9	5:20													0	5:20	*			
	10	5:00													1	6:20	*			
	15	4:20													1	4	5	15:20	*	
	20	4:00													1	6	7	32:20	*	
	25	3:40										1	7	7	10	26	56:20	*		
	30	3:40									7	7	10	20	29	78:20	*			
	40	3:20									7	11	14	23	28	35	123:20	*		
	50	3:00									5	14	14	26	28	29	63	184:20	*	
170	Exposición Excepcional																			
	8	5:40														0	5:40	*		
	10	5:20														3	8:40	*		
	15	4:20													1	3	3	19:40	*	
	20	4:00													1	4	7	7	17	41:40
	25	4:00													7	7	6	13	28	66:40
	30	3:40										6	7	7	13	24	28	90:40	*	
	40	3:20									6	8	14	14	27	28	44	146:40	*	
	50	3:00									3	13	14	17	28	28	35	75	218:40	*

* Los buceos repetitivos no están autorizados para buceos debajo de la Exposición Excepcional.

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio.
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)			
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
40	300	1:20																	0	1:20	
	370	1:20																	0	1:20	
Exposición Excepcional																					
	380	1:20																	0	1:20	
	390	1:20																	0	1:20	
50	205	1:40																	0	1:40	
	210	1:20																	3	4:40	
	220	1:20																	9	10:40	
	230	1:20																	15	16:40	
Exposición Excepcional	240	1:20																	20	21:40	
	250	1:20																	25	26:40	
	260	1:20																	29	30:40	
	270	1:20																	34	35:40	
	280	1:20																	38	39:40	
	290	1:20																	42	43:40	
	300	1:20																	45	46:40	
	310	1:20																	49	50:40	
	320	1:20																	52	53:40	
	330	1:20																	55	56:40	
	340	1:20																	58	59:40	
	350	1:20																	61	62:40	
	360	1:20																	63	64:40	
	370	1:20																	66	67:40	
	380	1:20																	68	69:40	
	390	1:20																	70	71:40	
60	133	2:00																	0	2:00	
	140	1:40																	8	10:00	
	150	1:40																	20	22:00	
	160	1:40																	30	32:00	
Exposición Excepcional	170	1:40																	40	42:00	
	180	1:40																	50	52:00	
	190	1:40																	59	61:00	
	200	1:40																	67	69:00	
	210	1:40																	75	77:00	
	220	1:40																	83	85:00	
	230	1:40																	90	92:00	
	240	1:40																	97	99:00	
	250	1:40																	103	105:00	
	260	1:40																	109	111:00	
	270	1:20																	2	112	116:00
	280	1:20																	7	113	123:00
	290	1:20																	12	113	128:00
	300	1:20																	17	113	133:00

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)			
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
60	310	1:20																	21	113	137:00
	320	1:20																	25	113	141:00
	330	1:20																	29	113	145:00
	340	1:20																	33	113	149:00
	350	1:20																	37	113	153:00
	360	1:20																	40	113	156:00
	370	1:20																	43	113	159:00
	380	1:20																	46	113	162:00
	390	1:20																	49	113	165:00
70	81	2:20																	0	2:20	
	90	2:00																	6	8:20	
	100	2:00																	13	15:20	
	110	2:00																	19	21:20	
	120	2:00																	35	37:20	
	130	2:00																	50	52:20	
	140	2:00																	65	67:20	
Exposición Excepcional	150	2:00																	79	81:20	
	160	2:00																	92	94:20	
	170	2:00																	104	106:20	
	180	1:40																	7	109	118:20
	190	1:40																	14	113	129:20
	200	1:40																	25	112	139:20
	210	1:40																	34	113	149:20
	220	1:40																	44	112	158:20
	230	1:40																	52	113	167:20
	240	1:40																	60	113	175:20
	250	1:40																	68	113	183:20
	260	1:40																	76	112	190:20
	270	1:40																	83	112	197:20
80	51	2:40																	0	2:40	
	60	2:20																	6	8:40	
	70	2:20																	14	16:40	
	80	2:20																	25	27:40	
	90	2:20																	33	35:40	
	100	2:00																	3	43	48:40
	110	2:00																	9	58	69:40
	120	2:00																	14	72	88:40
Exposición Excepcional	130	2:00																	19	85	106:40
	140	2:00																	23	99	124:40
	150	2:00																	33	105	140:40
	160	2:00																	43	111	156:40

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)					
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
80	170	2:00																	55	113	170:40		
	180	2:00																	69	113	184:40		
	190	2:00																	82	113	197:40		
90	37	3:00																	0	3:00			
	40	2:40																	4	7:00			
	50	2:40																	15	18:00			
	60	2:20																	1	23	27:00		
	70	2:20																	7	31	41:00		
	80	2:20																	12	38	53:00		
	90	2:20																	23	42	66:00		
	100	2:20																	31	60	94:00		
	110	2:00																	1	37	77	118:00	
	120	2:00																	7	37	93	140:00	
	Exposición Excepcional																						
	130	2:00																	12	45	101	161:00	
	140	2:00																	16	54	108	181:00	
	150	2:00																	20	65	112	200:00	
	160	2:00																	23	80	112	218:00	
100	29	3:20																	0	3:20			
	30	3:00																	2	5:20			
	35	3:00																	11	14:20			
	40	3:00																	19	22:20			
	50	2:40																	10	22	35:20		
	60	2:40																	19	26	48:20		
	70	2:20																	3	22	37	65:20	
	80	2:20																	7	31	39	80:20	
	90	2:20																	12	37	58	110:20	
	100	2:20																	21	38	76	138:20	
	Exposición Excepcional																						
	110	2:20																	30	37	96	166:20	
	120	2:20																	36	50	102	191:20	
	130	2:00																	5	37	61	109:20	
	140	2:00																	10	37	75	113:20	
110	22	3:40																	0	3:40			
	25	3:20																	3	6:40			
	30	3:20																	14	17:40			
	35	3:00																	3	22	28:40		
	40	3:00																	12	22	37:40		
	50	2:40																	4	22	22	51:40	
	60	2:40																	14	22	31	70:40	
	70	2:40																	21	27	37	88:40	

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)							
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10				
110	80	2:20																4	22	37	54	120:40			
	90	2:20																8	30	38	75	154:40			
	100	2:20																12	37	38	95	185:40			
Exposición Excepcional																									
	110	2:20																21	37	51	103	215:40			
	120	2:20																29	37	64	109	242:40			
	130	2:20																35	38	80	113	269:40			
	140	2:20																3	38	50	88	113	295:40		
120	18	4:00																		0	4:00				
	20	3:40																		3	7:00				
	25	3:20																	1	12	17:00				
	30	3:20																6	21	31:00					
	35	3:20																17	21	42:00					
	40	3:00																5	22	21	52:00				
	50	3:00																20	22	23	69:00				
	60	2:40																9	22	22	36	93:00			
	70	2:40																17	22	33	50	126:00			
	80	2:20																1	22	28	37	72	164:00		
Exposición Excepcional																									
	90	2:20																5	23	37	38	93	200:00		
	100	2:20																8	32	37	49	104	234:00		
	110	2:20																12	38	37	64	111	266:00		
	120	2:20																21	37	40	83	112	297:00		
130	13	4:20																		0	4:20				
	15	4:00																		1	5:20				
	20	4:00																9	13:20						
	25	3:40																7	17	28:20					
	30	3:20																3	14	22	43:20				
	35	3:20																8	22	22	56:20				
	40	3:00																1	18	22	22	67:20			
	50	3:00																14	22	22	26	88:20			
	60	2:40																5	22	21	25	47	124:20		
	70	2:40																13	22	23	37	69	168:20		
Exposición Excepcional																									
	80	2:40																19	22	35	38	91	209:20		
	90	2:20																2	22	30	38	44	107	247:20	
	100	2:20																5	25	38	37	62	113	284:20	
	110	2:20																7	34	38	38	85	113	319:20	
	120	2:20																13	37	38	54	92	113	351:20	
140	11	4:40																		0	4:40				
	15	4:20																		4	8:40				
	20	4:00																		6	9	19:40			

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)						
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10			
140	25	3:40																5	9	21	39:40			
	30	3:20																1	10	19	22	56:40		
	35	3:20																6	16	22	22	70:40		
	40	3:20																12	22	22	22	82:40		
	50	3:00															9	22	21	22	32	110:40		
	60	3:00															22	22	22	29	64	163:40		
	70	2:40														9	22	22	28	38	90	213:40		
Exposición Excepcional																								
	80	2:40														16	22	26	38	38	113	257:40		
	90	2:40														21	23	37	38	61	113	297:40		
	100	2:20														2	22	34	37	38	86	113	336:40	
150	9	5:00																		0	5:00			
	10	4:40																		1	6:00			
	15	4:20																	3	6	14:00			
	20	4:00																3	9	12	29:00			
	25	3:40															2	10	12	22	51:00			
	30	3:40															9	11	22	22	69:00			
	35	3:20														4	10	22	21	22	84:00			
	40	3:20														7	20	21	22	22	97:00			
	45	3:20														16	21	22	22	29	115:00			
	50	3:00														3	22	22	22	21	53	148:00		
	55	3:00														11	22	21	22	26	72	179:00		
	60	3:00														17	22	22	22	34	86	208:00		
Exposición Excepcional																	6	21	22	22	34	38	113	261:00
	70	2:40														13	22	21	33	38	63	113	308:00	
	80	2:40														18	22	38	38	37	88	113	351:00	
155	9	5:10																		0	5:10			
	10	4:50																		2	7:10			
	15	4:10															1	4	7	17:10				
	20	3:50															1	5	9	14	34:10			
	25	3:50														6	9	15	21	56:10				
	30	3:30														3	9	14	22	22	75:10			
	35	3:30														8	12	22	22	22	91:10			
	40	3:10														2	10	22	22	22	21	104:10		
	45	3:10														4	19	22	22	22	39	133:10		
	50	3:10														11	22	22	22	21	65	168:10		
	55	3:10														19	22	22	22	27	83	200:10		
	60	2:50														4	22	22	22	21	36	99	231:10	
Exposición Excepcional																	14	22	22	22	37	49	113	284:10
	70	2:50															22	22	22	36	37	76	113	333:10
	80	2:50														5	22	22	35	37	38	100	113	377:10

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)							
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10				
160	8	5:20																		0	5:20				
	10	5:00																		3	8:20				
	15	4:20																	2	4	8	19:20			
	20	4:00																2	7	9	16	39:20			
	25	4:00															9	9	17	22	62:20				
	30	3:40															7	9	17	22	81:20				
	35	3:20															2	9	16	22	98:20				
	40	3:20															5	14	22	22	114:20				
	45	3:20															9	22	22	22	152:20				
	50	3:20															19	22	22	22	188:20				
Exposición Excepcional																									
	55	3:00															6	21	22	22	29	95	222:20		
	60	3:00															13	21	22	22	23	37	111	254:20	
	70	2:40															2	21	22	22	24	38	113	309:20	
	80	2:40															9	22	22	24	38	37	89	113	359:20
	90	2:40															15	22	22	38	37	42	110	113	404:20
165	8	5:30																		0	5:30				
	10	5:10																		4	9:30				
	15	4:30																4	3	10	22:30				
	20	4:10																4	8	9	18	44:30			
	25	3:50															3	9	10	19	21	67:30			
	30	3:30															1	9	9	20	22	22	88:30		
	35	3:30															6	9	19	22	22	22	105:30		
	40	3:30															9	18	21	22	22	34	131:30		
	45	3:10															3	14	22	22	21	22	63	172:30	
	50	3:10															5	22	22	22	22	22	89	209:30	
Exposición Excepcional																									
	55	3:10															14	22	22	21	22	32	107	245:30	
	60	3:10															21	22	22	22	25	46	113	276:30	
	70	2:50															11	21	22	22	27	37	77	113	335:30
	80	2:50															19	21	22	28	37	38	102	113	385:30
170	7	5:40																		0	5:40				
	10	5:00																		1	4	10:40			
	15	4:20																1	4	5	9	24:40			
	20	4:00															1	5	9	9	19	48:40			
	25	4:00															6	10	9	21	22	73:40			
	30	3:40															4	10	9	22	22	22	94:40		
	35	3:40															10	9	22	22	21	22	111:40		
	40	3:20															4	9	21	22	22	21	46	150:40	
	45	3:20															7	17	22	22	22	22	74	191:40	
	50	3:20															13	22	22	22	22	23	102	231:40	
Exposición Excepcional																	1	21	22	22	22	22	39	112	266:40
	55	3:00															8	22	22	21	22	27	60	113	300:40

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)							
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40							
170	70	3:00													20	21	22	22	30	37	90	113	360:40		
	80	2:40													6	22	22	22	30	38	42	113	413:40		
175	7	5:50																		0	5:50				
	10	5:10																		2	4	11:50			
	15	4:30																		3	3	10	27:50		
	20	4:10																		1	9	9	21	53:50	
	25	3:50																		9	9	11	22	78:50	
	30	3:50																		8	9	12	22	100:50	
	35	3:30																		4	9	13	22	122:50	
	40	3:30																		8	11	22	22	56	168:50
Exposición Excepcional																									
	45	3:10														1	10	21	22	22	22	86	211:50		
	50	3:10														3	18	22	22	22	22	26	112	252:50	
	55	3:10														9	21	22	22	22	22	53	113	289:50	
	60	3:10														16	22	22	22	22	29	73	113	324:50	
	70	2:50														7	21	22	22	22	32	38	104	113	386:50
	80	2:50														15	22	22	22	34	37	57	113	113	440:50
180	7	6:00																		0	6:00				
	10	5:20																		4	3	13:00			
	15	4:40																		4	4	7	9	30:00	
	20	4:00														1	4	6	10	10	22	59:00			
	25	4:00														4	9	9	13	22	22	85:00			
	30	3:40														2	10	9	15	21	22	107:00			
	35	3:40														8	9	15	22	22	22	36	140:00		
	40	3:20														3	9	14	15	22	22	68	188:00		
Exposición Excepcional																									
	45	3:20														5	13	22	22	22	21	22	101	234:00	
	50	3:20														7	22	22	22	22	22	39	113	275:00	
	55	3:20														17	22	22	22	21	22	69	113	314:00	
	60	3:00														3	22	22	22	22	21	32	87	113	350:00
	70	3:00														16	21	22	22	22	35	43	113	113	413:00
185	7	6:10																		0	6:10				
	10	5:10																		1	4	3	14:10		
	15	4:30															2	3	4	8	10	33:10			
	20	4:10														2	4	8	10	12	21	63:10			
	25	3:50														1	6	9	10	15	22	21	90:10		
	30	3:50														6	9	9	18	22	21	22	113:10		
	35	3:30														2	10	9	18	22	22	47	158:10		
	40	3:30														6	10	18	22	21	22	22	81	208:10	
Exposición Excepcional																									
	45	3:30														9	17	21	22	22	22	23	112	254:10	
	50	3:10														2	13	22	22	22	22	54	112	297:10	

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)								
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10					
185	55	3:10											4	21	22	22	22	22	23	83	113	338:10				
	60	3:10											12	22	21	22	22	22	34	101	113	375:10				
	70	2:50										3	22	21	22	22	23	37	58	113	113	440:10				
190	6	6:20																		0	6:20					
	10	5:20																	2	4	3	15:20				
	15	5:40																3	4	4	9	9	35:20			
	20	4:20															4	4	9	10	13	22	68:20			
	25	4:00														2	8	10	9	17	22	22	96:20			
	30	4:00														9	10	9	20	22	22	21	119:20			
	35	3:40														6	9	10	21	22	22	21	58	175:20		
	40	3:20														1	9	10	21	22	22	21	94	228:20		
Exposición Exceptional																										
	45	3:20														4	9	20	22	22	22	22	36	113	276:20	
	50	3:20														6	17	22	22	22	22	22	68	113	320:20	
	55	3:20														12	22	21	22	22	22	25	97	113	362:20	
	60	3:20														20	22	22	22	22	22	38	113	112	399:20	
	70	3:10														12	22	21	22	22	25	38	74	113	113	468:20
195	6	6:30																		0	6:30					
	10	5:30																	3	4	4	17:30				
	15	4:30															1	3	4	5	9	11	39:30			
	20	4:10														2	3	6	9	10	15	22	73:30			
	25	4:10														4	10	9	9	20	21	22	101:30			
	30	3:50														4	9	9	10	22	22	22	31	135:30		
	35	3:30														1	9	9	12	22	21	22	69	193:30		
	40	3:30														5	9	12	22	22	22	22	106	248:30		
Exposición Exceptional																										
	45	3:30														8	11	22	22	22	21	22	51	113	298:30	
	50	3:10														1	9	21	22	22	22	22	83	113	343:30	
	55	3:10														2	18	22	22	22	21	22	28	111	113	387:30
	60	3:10														7	22	22	22	21	22	23	55	112	113	425:30
200	6	6:40																		0	6:40					
	10	5:20																	1	3	4	4	18:40			
	15	4:40															2	4	4	6	9	12	43:30			
	20	4:20														3	4	7	9	10	17	21	77:30			
	25	4:00														2	6	9	9	10	21	22	22	107:30		
	30	4:00														7	10	9	12	22	22	22	42	152:30		
	35	3:40														4	10	9	15	21	22	22	81	212:30		
Exposición Exceptional																										
	40	3:40														9	9	15	22	22	22	22	28	113	268:30	
	45	3:20														3	9	15	22	21	22	22	65	113	320:30	
	50	3:20														5	13	21	22	22	22	22	100	113	368:30	
	55	3:20														7	21	22	22	22	22	41	113	113	411:30	
	60	3:20														16	21	22	22	22	25	70	112	113	451:30	

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)							
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10				
205	6	6:50																		0	6:50				
	10	5:30																	2	3	4	4	19:50		
	15	4:50														4	3	4	7	9	13	46:50			
	20	4:10										1	4	3	9	9	10	11	18	22	82:50				
	25	4:10										4	7	9	10	11	22	21	22	112:50					
	30	3:50									2	9	9	9	15	22	22	22	52	168:50					
	35	3:50									8	9	10	17	22	22	22	22	93	231:50					
Exposición Excepcional																									
	40	3:30									3	10	9	19	22	21	22	22	43	112	289:50				
	45	3:30									7	9	18	22	22	22	22	22	80	112	342:50				
	50	3:30									9	17	21	22	22	22	22	25	113	112	391:50				
	55	3:10									1	14	22	21	22	22	22	58	113	113	436:50				
	60	3:10									3	21	22	22	22	21	22	27	86	113	113	478:50			
210	5	7:00																	0	7:00					
	10	5:40															3	3	4	5	22:00				
	15	4:40													1	4	4	3	9	9	14	51:00			
	20	4:20										3	3	5	9	9	9	21	22	88:00					
	25	4:00										1	4	9	10	9	13	22	22	22	119:00				
	30	4:00										5	9	10	9	18	21	22	22	63	186:00				
	35	3:40										3	9	9	9	21	22	22	21	107	252:00				
Exposición Excepcional																									
	40	3:40										7	9	10	22	22	22	21	22	56	113	311:00			
	45	3:20										1	10	9	22	22	22	21	22	96	112	366:00			
	50	3:20										4	9	21	21	22	22	22	41	112	113	416:00			
	55	3:20										5	18	22	22	22	21	22	76	113	113	463:00			
	60	3:20										11	22	21	22	22	22	29	101	113	113	505:00			
215	5	7:10																	0	7:10					
	10	5:50															4	4	3	5	23:10				
	15	4:50													3	3	4	4	9	9	16	55:10			
	20	4:30													4	4	6	9	9	10	21	92:10			
	25	4:10													3	5	10	9	9	16	21	29	131:10		
	30	3:50													1	8	9	9	21	22	21	74	213:10		
Exposición Excepcional																									
	35	3:50													6	10	9	11	22	22	21	22	29	113	272:10
	40	3:30													2	9	9	13	22	22	22	22	69	113	332:10
	45	3:30													5	10	13	22	21	22	22	22	111	113	390:10
	50	3:30													8	12	22	21	22	22	22	57	113	113	441:10
	60	3:10													1	18	22	22	22	21	38	111	113	112	531:10
220	5	7:20																	0	7:20					
	10	5:40															1	4	4	3	6	25:20			
	15	5:00															4	4	3	5	10	9	17	59:20	
	20	4:20														2	4	3	8	9	9	11	22	97:20	

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)					
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
220	25	4:00										1	4	7	9	9	9	18	22	22	38	146:20	
	30	4:00										3	9	9	10	10	22	22	21	22	85	220:20	
Exposición Excepcional												1	9	9	9	14	22	22	22	40	113	290:20	
	35	3:40										6	9	9	16	22	22	22	22	84	113	354:20	
	40	3:40										9	10	16	22	22	22	22	35	113	112	412:20	
	45	3:40										3	9	16	22	21	22	22	22	75	112	113	466:20
	50	3:20										4	14	22	21	22	22	22	26	107	113	112	514:20
225	5	7:30																		0	7:30		
	10	5:50															2	4	4	3	7	27:30	
Exposición Excepcional												2	3	4	4	6	9	9	19	113	63:30		
	15	4:50										3	4	4	9	9	9	13	22	22	102:30		
	20	4:30										2	4	9	9	9	10	19	22	22	47	160:30	
	25	4:10										7	9	9	9	13	22	22	21	98	239:30		
	30	4:10										8	18	22	22	22	21	22	22	38	112	113	540:30
230	5	7:40																		0	7:40		
	10	6:00														3	4	4	4	7	29:40		
Exposición Excepcional												3	4	3	4	7	9	10	19	113	66:40		
	15	5:00										4	10	9	9	17	22	22	22	54	113	311:30	
	20	4:20										1	4	4	4	9	10	9	15	21	22	106:40	
	25	4:20										4	5	9	10	9	9	22	22	22	57	176:40	
	30	4:00										2	8	9	10	9	15	22	22	22	110	258:40	
	35	4:00										8	9	10	9	20	22	22	21	22	68	112	330:40
	40	3:40										4	9	10	10	22	22	22	21	24	113	113	399:40
	45	3:40										8	9	12	22	21	22	22	22	67	113	113	460:40
	50	3:20										1	10	11	22	21	22	22	22	23	107	113	516:40
	55	3:20										3	9	22	22	22	22	22	21	56	113	112	566:40
235	5	7:50																		0	7:50		
	10	5:50														1	3	4	4	8	31:50		
Exposición Excepcional												1	3	4	4	3	9	9	9	21	70:50		
	15	4:50										3	3	4	6	9	10	9	16	22	22	111:50	
	20	4:30										2	4	6	10	9	9	11	22	22	22	68	192:50
	25	4:10										4	10	9	9	9	18	22	22	30	113	275:50	
	30	4:10										3	9	22	22	22	22	22	21	56	113	112	566:40
	35	3:50										3	9	9	9	11	22	21	22	22	81	113	381:50
	40	3:50										8	9	10	13	22	22	22	21	39	113	113	421:50
	45	3:30										3	9	9	15	22	22	22	21	85	113	113	485:50
	50	3:30										5	10	15	22	21	22	22	22	35	113	113	541:50

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)							
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10				
240	5	8:00																		0	8:00				
	10	6:00																2	3	4	4	8	33:00		
	15	5:00													2	4	3	4	4	9	9	10	22	75:00	
	20	4:20									1	3	4	4	7	9	10	9	18	22	23	118:00			
	25	4:20									4	3	9	9	9	9	14	22	21	22	79	209:00			
	30	4:00								1	7	9	9	10	9	20	22	22	22	42	113	294:00			
Exposición Excepcional																									
	35	4:00									6	10	9	9	13	22	22	22	22	95	113	373:00			
	40	3:40									3	9	9	9	17	22	22	22	22	53	113	113	444:00		
	45	3:40									7	9	9	19	22	22	22	21	22	22	102	112	112	510:00	
	50	3:40									9	10	19	22	21	22	22	22	22	52	113	113	568:00		
245	5	7:50																		1	9:10				
	10	6:10															3	3	4	4	9	35:10			
	15	5:10													3	4	4	3	5	9	10	11	22	79:10	
	20	4:30									2	4	3	4	9	9	9	9	10	20	22	31	131:10		
	25	4:10									1	4	5	9	9	9	9	10	15	22	22	22	226:10		
Exposición Excepcional																									
	30	4:10									3	8	10	9	9	11	21	22	22	22	55	113	313:10		
	35	3:50									1	9	9	10	9	16	22	22	22	21	22	111	113	395:10	
	40	3:50									7	9	9	9	21	21	22	22	22	69	113	113	467:10		
	45	3:30									1	10	9	10	22	21	22	22	22	28	111	113	534:10		
	50	3:30									4	9	11	22	21	22	22	22	22	70	113	113	590:10		
250	5	8:00																		1	9:20				
	10	6:20															4	4	3	4	5	9	37:20		
	15	5:00										1	4	3	4	4	6	9	9	14	21	83:20			
	20	4:40										3	4	4	5	9	9	9	9	10	21	22	40	144:20	
	25	4:20										3	4	6	9	9	9	10	9	18	21	22	22	243:20	
Exposición Excepcional																									
	30	4:00									1	5	9	9	9	10	13	21	22	22	22	68	113	332:20	
	35	4:00									5	9	9	9	10	19	22	21	22	22	34	113	113	416:20	
	40	3:40									1	9	10	9	11	22	22	21	22	22	86	113	113	491:20	
	45	3:40									5	10	9	13	22	22	22	22	21	44	113	113	559:20		
	50	3:40									8	9	15	22	21	22	22	22	22	89	113	113	620:20		
255	5	8:10																		2	10:30				
	10	6:10															1	4	4	3	4	6	9	39:30	
	15	5:10													2	4	4	3	4	7	9	10	14	22	87:30
	20	4:30										1	4	4	4	3	6	10	9	9	11	22	22	49	158:30
	25	4:10										1	4	3	8	9	10	9	9	20	22	22	21	259:30	
Exposición Excepcional																									
	30	4:10										3	6	9	10	9	9	16	22	21	22	22	82	113	352:30
	35	4:10										8	10	9	9	10	21	22	22	22	22	47	113	113	436:30
	40	3:50										5	9	9	10	14	22	22	21	22	22	103	113	112	514:30
	45	3:50										9	9	10	17	22	22	21	22	22	22	61	113	112	583:30
	50	3:30										3	9	9	19	22	21	22	22	22	27	102	113	113	647:30

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)							
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40							
260	5	8:20																	2	10:40					
	10	6:20																2	4	4	3	4	6	10	41:40
	15	5:20											3	4	4	4	3	8	10	9	16	22	91:40		
	20	4:40							3	3	4	4	7	10	9	9	13	22	22	58	172:40				
	25	4:20						2	4	4	9	10	9	9	9	22	22	22	32	113	275:40				
Exposición Excepcional																									
	30	4:00						1	3	9	9	9	9	10	18	22	21	22	22	95	113	371:40			
	35	4:00						3	9	9	10	9	12	22	22	22	22	21	63	113	113	458:40			
	40	4:00						9	9	9	10	17	22	22	22	22	21	31	110	112	113	537:40			
	45	3:40						4	9	9	10	20	22	22	22	22	22	78	113	113	112	608:40			
265	5	8:30																			3	11:50			
	10	6:30															3	4	4	3	4	7	9	42:50	
	15	5:10									1	4	4	3	4	4	9	9	9	19	22	96:50			
	20	4:30						1	3	4	4	3	9	10	9	9	15	22	22	68	187:50				
	25	4:30						4	4	5	10	9	9	9	12	22	22	21	45	113	293:50				
Exposición Excepcional																									
	30	4:10						2	5	9	9	10	9	9	21	22	22	21	22	109	113	391:50			
	35	4:10						6	10	9	9	9	16	22	22	21	22	22	78	113	113	480:50			
	40	3:50						3	10	9	9	9	21	22	22	22	22	42	113	113	113	560:50			
	45	3:50						8	9	9	12	22	22	22	21	22	22	97	112	113	113	634:50			
270	5	8:40																			3	12:00			
	10	6:20														1	3	4	4	3	4	8	9	45:00	
	15	5:20									2	4	4	4	3	5	9	9	10	20	21	100:00			
	20	4:40						2	4	3	4	5	9	9	10	9	17	22	22	77	202:00				
	25	4:20						2	4	3	8	9	9	9	10	13	22	22	22	56	113	311:00			
Exposición Excepcional																									
	30	4:20						4	7	9	9	9	10	10	22	22	22	21	32	113	113	412:00			
	35	4:00						1	9	9	10	9	9	18	22	22	22	22	93	113	112	502:00			
	40	4:00						7	10	9	9	12	21	22	22	22	22	60	113	112	113	585:00			
	45	3:40						3	9	9	9	16	22	21	22	22	22	104	113	112	113	660:00			
275	5	8:50																		4	13:10				
	10	6:30														2	3	4	4	4	3	9	9	47:10	
	15	5:30									4	4	3	4	4	5	10	9	9	22	22	105:00			
	20	4:50						3	4	4	4	6	9	9	10	9	19	22	22	87	217:00				
Exposición Excepcional																									
	25	4:30						4	3	4	9	9	9	10	9	16	22	21	22	69	113	329:00			
	30	4:10						2	3	9	9	10	9	9	13	22	22	22	21	45	113	113	431:00		
	35	4:10						5	9	9	9	10	9	21	22	22	22	27	104	113	113	525:00			
	40	3:50						2	9	9	10	9	15	22	21	22	22	77	113	113	113	610:00			
	45	3:50						7	9	9	9	19	22	22	22	22	21	44	110	113	113	686:00			

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)																
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10													
280	5	8:40																	1	4	14:20													
	10	6:40																3	3	4	4	4	3	9	10	49:20								
	15	5:20								1	4	4	4	3	4	7	9	9	12	21	22	109:20												
	20	4:40						1	4	4	3	4	8	9	9	9	10	21	22	22	98	231:20												
Exposición Excepcional																																		
	25	4:20						1	4	4	5	9	9	10	9	9	18	22	22	22	80	113	346:20											
	30	4:20						3	5	10	9	9	9	10	15	22	22	22	21	59	113	113	451:20											
	35	4:00						1	7	10	9	9	9	12	22	22	21	22	22	37	109	113	113	547:20										
	40	4:00						6	9	9	9	10	18	22	22	21	22	22	22	95	113	112	113	634:20										
	45	3:40						1	9	10	9	10	22	22	22	21	22	22	22	59	113	113	113	712:20										
285	5	8:50																	1	4	14:30													
	10	6:50															4	3	4	4	4	4	9	11	52:30									
	15	5:30															3	3	4	4	4	4	9	10	13	22	23	115:30						
	20	4:50															3	4	3	4	4	9	9	9	12	22	22	21	108	248:30				
Exposición Excepcional																																		
	25	4:30															3	4	3	7	9	10	9	9	9	21	22	22	21	94	112	364:30		
	30	4:10															1	4	7	9	9	10	9	9	18	22	22	22	73	113	113	472:30		
	35	4:10															3	9	9	10	9	9	14	22	22	22	22	48	113	113	569:30			
	40	4:10															10	9	9	9	10	21	22	22	32	101	113	113	113	658:30				
	45	3:50															5	9	10	9	14	21	22	22	22	78	113	113	112	113	738:30			
290	5	9:00																			2	4	15:40											
	10	6:40																1	4	3	4	4	4	5	9	12	55:40							
	15	5:40															4	4	3	4	4	4	9	9	15	22	31	127:40						
	20	4:40															1	3	4	4	3	5	9	10	9	9	14	22	22	27	112	263:40		
Exposición Excepcional																																		
	25	4:20															1	4	3	4	8	10	9	9	9	11	22	22	21	26	102	113	383:40	
	30	4:20															3	9	9	10	9	9	14	22	22	22	22	48	113	113	113	492:40		
	35	4:20															6	10	9	9	9	10	17	22	22	22	21	22	66	112	113	113	592:40	
	40	4:00															4	9	10	9	9	12	22	22	22	21	22	44	107	113	112	113	682:40	
	45	4:00															9	9	10	9	17	22	22	22	22	21	22	27	92	113	113	112	113	764:40
295	5	9:10																											3	3	15:50			
	10	6:50																2	4	3	4	4	4	4	5	9	14	58:50						
	15	5:30															2	3	4	4	4	3	5	9	9	18	22	38	139:50					
	20	4:50															2	4	3	4	4	6	9	9	10	9	16	22	22	36	113	278:50		
Exposición Excepcional																																		
	25	4:30															2	4	4	4	4	10	9	9	9	10	12	22	22	22	34	106	113	401:50
	30	4:10															1	4	5	9	9	10	9	10	22	22	22	27	97	113	113	513:50		
	35	4:10															2	8	9	10	9	9	9	21	22	22	22	22	81	113	113	113	610:50	
	40	4:10															8	9	9	10	9	15	22	22	22	21	21	58	113	112	113	707:50		
300	5	9:20																											3	4	17:00			
	10	7:00																	3	4	3	4	4	4	4	6	9	15	62:00					

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	
300	15	5:40							3	4	3	4	4	4	5	9	9	10	19:22:45:151:00
	20	5:00						4	3	4	4	3	8	9	9	10	9	18	22:22:47:112:294:00
Exposición Excepcional																			
	25	4:40				4	4	3	6	10	9	9	9	10	15	22	21	22:44:109:113:420:00	
	30	4:20			2	4	7	9	10	9	9	9	13	22	22	22	22:37:101:113:113:529:00		
	35	4:20			5	9	9	9	10	9	10	22	22	22	22	26	93	113:112:113:638:00	
	40	4:00		3	9	9	9	10	9	18	22	22	22	22	22	73	113:112:113:113:733:00		
310	Exposición Excepcional																		
	6	9:00														3	4	4:3:24:20	
	10	7:00									1	4	4	3	4	4	4	7:10:17:68:20	
	15	5:40						2	4	3	4	4	3	4	8	9	9	12:22:21:60:175:20	
	20	5:00			3	3	4	4	4	4	9	10	9	9	11	22	22	21:67:113:325:20	
	25	4:40			3	4	4	4	9	9	9	10	9	9	20	22	22	22:65:113:113:457:20	
	30	4:20		2	4	5	9	9	9	10	9	9	18	22	22	22	22:57:111:113:113:576:20		
	35	4:20		3	9	9	9	10	9	9	17	21	22	22	22	48	103	113:113:113:684:20	
	40	4:00	1	9	9	10	9	9	13	22	21	22	22	22	36	94	112:113:113:113:782:20		
320	Exposición Excepcional															1	4	3:4:4:26:40	
	6	9:00														1	4	3:4:4:26:40	
	10	7:20									3	4	4	3	4	4	4	9:9:20:74:40	
	15	5:40						1	3	4	4	4	3	4	4	9	10	9:16:21:22:75:199:40	
	20	5:00			2	4	3	4	4	4	7	9	9	10	9	16	22	21:25:88:112:359:40	
	25	4:40		3	4	3	4	7	9	10	9	9	9	13	22	22	28	87:113:113:497:40	
	30	4:20	1	4	4	9	9	9	9	10	9	11	21	22	22	22	26:82:113:112:113:618:40		
	35	4:20	3	7	9	10	9	9	9	10	22	22	21	22	22	22	73	113:113:113:112:731:40	
	40	4:20	9	9	9	9	10	9	19	22	22	21	22	22	22	60	107	113:113:113:112:833:40	

Página en blanco intencionalmente

Mezcla de Gases y Circuito Cerrado

Con UBA MK 16 MOD 1

18-1 INTRODUCCION

El Capítulo 18 se pensó para el uso de buzos EOD (Disposición de Materiales Explosivos) usando el Aparato de Respiración Submarina (UBA) con Mezcla de Gases y Circuito Cerrado MK 16 MOD 1, [Figura 18-1](#). Este equipo combina la movilidad de un buzo a nado libre con las ventajas del buceo con mezcla de gases. El término circuito cerrado se refiere a la recirculación del 100 por ciento del medio respirable de mezcla de gases. Esto resulta en operación libre de burbujas, excepto en el ascenso o liberación inadvertida de gas. Esta capacidad hace al UBA de circuito cerrado estar bien preparado para operaciones EOD y para operaciones que requieran una rúbrica de baja acústica. Las mejoras en el uso del gas, la duración del buceo y las posibilidades de profundidad proporcionadas por el UBA, incrementan grandemente la efectividad de los buzos. Pueden hacerse buceos a 190 pam cuando se usa N₂O₂ (aire) como diluyente, y a 300 pam cuando se usa HeO₂ (88/12) como diluyente, ver [Tabla 18.1](#). Debido al incremento en la resistencia a la respiración, y preocupaciones acerca de la retención de bióxido de carbono y toxicidad por O₂ del SNC, los buceos más profundos que 150 pam son considerados buceos con exposición excepcional y requieren aprobación previa del CNO.



Figura 18-1. UBA MK 16 MOD 1, Circuito Cerrado y Mezcla de Gases.

18-1.1

Objetivo. Este capítulo proporciona guías generales para el buceo con el UBA MK 16 MOD 1, operaciones y procedimientos. Para instrucciones detalladas de operación y mantenimiento, vea el Manual Técnico del UBA MK 16 MOD 1 NAVSEA SS600-AQ-MMO-010.

18-1.2

Alcance. Este capítulo cubre los principios de operación, planeación operacional, procedimientos de buceo y aspectos médicos del buceo con mezcla de gases y circuito cerrado del UBA MK 16 MOD 1. Refiérase al [Capítulo 16](#) para los procedimientos de mezclado de gases de respiración de los buzos.

18-2 PLANEACION OPERACIONAL

La [Tabla 18-1](#) enumera las características operacionales del MK 16 MOD 1. Ya que el UBA MK 16 MOD 1 mantiene una presión parcial de oxígeno constante y solamente añade oxígeno o gas diluyente cuando es necesario, son posibles los buceos de larga duración. Las capacidades de misión, los procedimientos de buceo, y procedimientos de descompresión son radicalmente diferentes de otros métodos de buceo. El [Capítulo 6](#) proporciona guías generales para la planeación operacional. La información proporcionada en esta sección es suplementaria al manual de Operación y Mantenimiento del UBA MK 16 MOD 1 y proporciona guías específicas para la planeación de buceos con el UBA MK 16 MOD 1. Además de cualquier otro requerimiento, al menos la mitad de todos los buceos de

entrenamiento deben ser de noche o en condiciones de visibilidad restringida. Las unidades que requieran de una capacidad operacional profunda deben permitir oportunidades frecuentes de entrenamiento, asegurando la familiaridad del buzo con los equipos y procedimientos. Se recomiendan buceos de prueba antes de bucear a profundidades mayores de 130 pam. Las calificaciones de los buzos con MK 16 MOD 1 pueden obtenerse solamente completando el Curso Básico MK 16 MOD 1 (A-431-0075). Las calificaciones se mantienen válidas tanto como se mantengan las calificaciones de buzos de acuerdo con el manual de Personal Militar, artículo 1220-100. Sin embargo, un buzo quien no ha realizado buceos con MK 16 MOD 1 en los últimos 6 meses debe familiarizarse él mismo nuevamente con los procedimientos de operación y de emergencia (PO y PE) del MK 16 MOD 1, y debe completar un buceo de entrenamiento antes de hacer un buceo operacional. Antes de realizar un buceo con descompresión con MK 16 MOD 1, un buzo quien no lo ha hecho en los últimos 6 meses debe completar buceos de entrenamiento con descompresión en aguas abiertas. Refiérase a la [Tabla 18-2](#) por los requerimientos de personal para buceo con MK 16 MOD 1.

- 18-2.1** **Límites de Operación.** Los Supervisores de Buceo deben también considerar los factores limitantes presentados en los siguientes párrafos cuando planeen operaciones con UBA de circuito cerrado.
- 18-2.1.1** **Duración de la Botella de Oxígeno.** La [Tabla 18-3\(a\)](#) a [\(e\)](#) fue calculada usando la fórmula de Duración de la Botella de Oxígeno, que es presentada en el manual de Operación y Mantenimiento del MK 16 MOD 1, y debe usarse cuando se planean tiempos máximos de buceo para buceos a 1.3 ata.
- 18-2.1.2** **Efecto de la Inmersión en Agua Fría sobre la Presión de la Botella.** La inmersión en agua fría reducirá la presión de la botella y los pies³ reales de gas disponible para el buzo, de acuerdo con la ley de los gases de Charles/Gay-Lussac. La temperatura más fría esperada durante el buceo es usada basándose en la medición directa, datos disponibles o en la experiencia.
- 18-2.1.3** **Duración de la Botella de Diluyente.** Bajo condiciones normales la duración anticipada de la botella de diluyente del MK 16 MOD 1 excederá la de la botella de oxígeno. La botella de diluyente del MK 16 MOD 1 contiene aproximadamente 21 pies³ estándar (595 litros) de gas a una presión de almacenamiento de 3,000 psig. El gas diluyente es utilizado para mantener el volumen requerido de gas en el circuito respiratorio y no se termina por consumo metabólico. Conforme el buzo desciende, se añade diluyente para mantener la presión total dentro del sistema de recirculación a la presión ambiental del agua. La pérdida de gas del UBA debido a la gasificación en la profundidad requiere la adición de gas diluyente al circuito respiratorio, ya sea automáticamente mediante la válvula de adición de diluyente, o manualmente a través de la válvula de desvío de diluyente (válvula by-pass), para restablecer el volumen perdido. La pérdida de gas excesiva causada por fugas en la máscara, cambios frecuentes de profundidad o por el armado inapropiado del UBA, terminarán rápidamente con el suministro de gas.
- 18-2.1.4** **Duración de la Canastilla.** La [Tabla 18-4](#) muestra los límites de duración de la canastilla y absorbentes aprobados para el UBA MK 16 MOD 1. Arriba de 96° F, la preocupación primaria en la limitación de la duración del buceo son las consideraciones fisiológicas contra la duración de la canastilla.
- 18-2.2** **Requerimientos del Equipo.** Los requerimientos de equipo mínimo para buceos con UBA MK 16 MOD 1 son proporcionados en la [Tabla 18-5](#) y explicados en los párrafos siguientes.

Tabla 18-1. Características Operacionales del MK 16 MOD 1.

UBA MK 16 MOD 1	Límite de Trabajo Normal (pam)	Límite de Trabajo Máximo (pam)
Diluyente N ₂ O ₂ (Notas 1,2,3)	150	190
Diluyente HeO ₂ (Notas 1,2,4)	300	300

Notas:

1. Dentro de cada tabla de descompresión, los buceos con exposición excepcional están separados por una línea negra. Estas tablas están diseñadas para ser divididas por la línea de exposición excepcional. Las cédulas de exposición excepcional se proporcionan para casos de circunstancias inesperadas. La duración esperada del suministro de gas, la duración esperada del absorbente de bióxido de carbono, lo adecuado de la protección térmica u otros factores, pueden limitar también la profundidad y duración del buceo. La resistencia a la respiración y riesgo de retención de CO₂, toxicidad por oxígeno, enfermedad de descompresión y narcosis nitrogénica se incrementan cuando se usa N₂O₂ como diluyente en buceos por debajo de la línea de exposición excepcional. Los buceos planeados con exposición excepcional requieren la aprobación previa del CNO.
2. El cambio de diluyentes entre buceos NO está autorizado en el MK 16 MOD 1. No hay procedimientos para buceos repetitivos para convertir TNR entre diluyentes y/o SCUBA.
3. Perfiles de buceo permisibles para buceos con N₂O₂ a 1.3 ata:
 - Un buceo de descompresión sencillo. Los buceos repetitivos No están autorizados después de un buceo con N₂O₂ y descompresión.
 - Son permitidos los buceos múltiples de no-descompresión a condición que el tiempo equivalente de buceo sencillo no exceda el límite de no-descompresión. El tiempo equivalente de buceo sencillo puede calcularse usando los procedimientos de buceo repetitivo o acortando los intervalos en superficie (menos que :10), el Supervisor de Buceo puede añadir el tiempo de fondo de los buceos previos y descomprimir usando la cédula para la profundidad más profunda y los tiempos de fondo combinados.
 - Un buceo de no-descompresión puede ser seguido de un buceo con descompresión, a condición de que el intervalo en superficie entre los buceos no sea más corto que 30 minutos.
4. Perfiles de buceo permisibles para buceos con HeO₂ a 1.3 ata:
 - Son permitidos los buceos múltiples de no-descompresión a 200 pam, a condición que el tiempo equivalente de buceo sencillo no exceda el límite de no-descompresión. El tiempo equivalente de buceo sencillo puede calcularse usando los procedimientos de buceo repetitivo o acortando los intervalos en superficie (menos que :10), el Supervisor de Buceo puede añadir el tiempo de fondo de los buceos previos y descomprimir usando la cédula para la profundidad más profunda y los tiempos de fondo combinados.
 - Un buceo con descompresión a 200 pam seguido de una descompresión repetitiva o buceo de no-descompresión hasta 200 pam, a condición de que el intervalo en superficie entre los buceos no sea más corto que 30 minutos.
 - Un buceo sencillo de no-descompresión o buceo de descompresión entre 201 y 300 pam.

Tabla 18-2. Carta de Requerimientos de personal para Buceo con MK 16 MOD 1.

Equipo de Buceo del UBA MK 16 MOD 1 Requerimientos Mínimos de Manejo			
Designación	Un Buzo	Dos Buzos	
Supervisor de Buceo	1 (Nota 1)	1	
Buzo	1	2	
Buzo en Espera	1 (Nota 2)	1 (Nota 2)	
Buzo Tender	1 (Nota 3)	1 (Nota 3)	
Buzo Tender en Espera	(Nota 1)	(Nota 1)	
Tomador de Tiempo	(Nota 1)	(Nota 1)	
Operador de SRE	(Nota 4)	(Nota 4)	
Total de Personal Requerido	4	5	

Notas:

1. El Supervisor de Buceo puede actuar como tomador de tiempo, buzo en espera.
2. A la discreción del Supervisor de Buceo, el buzo en espera debe estar completamente vestido, con la excepción de SCUBA o MK 16 MOD 1, máscara y aletas. Estos artículos deben estar listos para ponérselos.
3. Un tender por buzo cuando los buzos son atendidos desde superficie. Si se usa una línea de compañeros, se requiere un tender por cada par de buzos.
4. Es requerido un Operador de SRE para buceos de descompresión con MK 16 MOD 1.

Tabla 18-3a. Duración de las Botellas para Temperatura del Agua de 29º F.

Temperatura del Agua 29º F											
Temp. Aire	2000 PSI	2100 PSI	2200 PSI	2300 PSI	2400 PSI	2500 PSI	2600 PSI	2700 PSI	2800 PSI	2900 PSI	3000 PSI
20	215	229	243	257	272	286	300	314	329	343	357
30	209	223	237	251	265	279	293	307	320	334	348
40	203	217	231	244	258	272	285	299	313	326	340
50	198	211	225	238	252	265	278	292	305	318	332
60	193	206	219	232	245	258	272	285	298	311	324
70	188	201	214	226	239	252	265	278	291	304	317
80	183	196	208	221	234	246	259	271	284	297	309
90	178	191	203	216	228	240	253	265	278	290	303
100	174	186	198	210	223	235	247	259	271	284	296
110	170	182	193	205	217	229	241	253	265	277	289

Tabla 18-3b. Duración de las Botellas para Temperatura del Agua de 40° F.

Temperatura del Agua 40° F											
Temp. Aire	2000 PSI	2100 PSI	2200 PSI	2300 PSI	2400 PSI	2500 PSI	2600 PSI	2700 PSI	2800 PSI	2900 PSI	3000 PSI
20	216	231	245	259	273	288	302	316	330	344	359
30	211	224	238	252	266	280	294	308	322	336	350
40	205	219	232	246	260	273	287	301	314	326	340
50	200	213	226	240	253	266	280	293	307	320	333
60	194	207	221	234	247	260	273	286	299	313	326
70	189	202	215	228	241	254	267	280	292	305	318
80	185	197	210	222	235	248	260	273	286	298	311
90	180	192	205	217	230	242	254	267	279	292	304
100	175	188	200	212	224	236	249	261	273	285	297
110	171	183	195	207	219	231	243	255	267	279	291

Tabla 18-3c. Duración de las Botellas para Temperatura del Agua de 60° F.

Temperatura del Agua 60° F											
Temp. Aire	2000 PSI	2100 PSI	2200 PSI	2300 PSI	2400 PSI	2500 PSI	2600 PSI	2700 PSI	2800 PSI	2900 PSI	3000 PSI
20	219	233	248	262	276	290	304	319	333	347	361
30	213	227	241	255	269	283	297	311	325	339	353
40	208	221	235	249	262	276	290	303	317	331	344
50	202	216	229	242	256	269	283	296	309	323	336
60	197	210	223	236	250	263	276	289	302	315	328
70	192	205	218	231	244	256	269	282	295	308	321
80	187	200	213	225	238	250	263	276	288	301	314
90	183	195	207	220	232	245	257	270	282	294	307
100	178	190	203	215	227	239	251	264	276	288	300
110	174	186	198	210	222	234	246	258	270	282	294

Tabla 18-3d. Duración de las Botellas para Temperatura del Agua de 80º F.

Temperatura del Agua 80º F											
Temp. Aire	2000 PSI	2100 PSI	2200 PSI	2300 PSI	2400 PSI	2500 PSI	2600 PSI	2700 PSI	2800 PSI	2900 PSI	3000 PSI
20	222	236	250	264	279	293	307	321	335	350	364
30	216	230	244	258	271	285	299	313	327	341	355
40	210	224	237	251	265	278	292	306	319	333	347
50	205	218	232	245	258	272	285	298	312	325	339
60	200	213	226	239	252	265	278	291	305	318	331
70	195	207	220	233	246	259	272	285	298	311	323
80	190	202	215	228	240	253	266	278	291	304	316
90	185	198	210	222	235	247	260	272	284	297	309
100	181	193	205	217	229	242	254	266	278	290	303
110	176	188	200	212	224	236	248	260	272	284	296

Tabla 18-3e. Duración de las Botellas para Temperatura del Agua de 104º F.

Temperatura del Agua 104º F											
Temp. Aire	2000 PSI	2100 PSI	2200 PSI	2300 PSI	2400 PSI	2500 PSI	2600 PSI	2700 PSI	2800 PSI	2900 PSI	3000 PSI
20	224	239	253	267	281	296	310	324	338	352	367
30	219	232	246	260	274	288	302	316	330	344	358
40	213	227	240	254	268	281	295	309	322	336	350
50	207	221	234	248	261	274	288	301	315	328	341
60	202	215	229	242	255	268	281	294	307	321	334
70	197	210	223	236	249	262	275	288	300	313	326
80	193	205	218	230	243	256	268	281	294	306	319
90	188	200	213	225	238	250	262	275	287	300	312
100	183	196	208	220	232	244	257	269	281	293	305
110	179	191	203	215	227	239	251	263	275	287	299

Tabla 18-4. Límites de Duración de la Canastilla para el MK 16 MOD 1.

Duración de la Canastilla con N ₂ O ₂		
Temperatura (°F)	Profundidad (pam)	Tiempo (minutos)
97-99	0-190	60 (Nota 1)
95-97	0-190	180 (Nota 1)
40-94	51-190	200
29-39	51-190	100
29-94	0-50	300
Duración de la Canastilla con HeO ₂		
Temperatura (°F)	Profundidad (pam)	Tiempo (minutos)
97-99	0-300	60 (Nota 1)
95-97	0-300	180 (Nota 1)
40-94	0-300	300
35-39	101-300	300
29-34	101-300	240
29-39	0-100	120

Notas:
(1) Basado sobre límites fisiológicos. Refiérase al Capítulo 6 Párrafo 6-5.3.
Absorbente de CO₂ Soda lime con Aprobación NAVSEA

Nombre	Proveedor	NSN
Sodasorb High Performance, Regular	W. R. Grace	6810-01-113-0110
Sofnolime Malla NI 4-8, Grado L	O. C. Lugo	6810-01-113-0110
Sofnolime Malla NI 8-12, Grado D	O. C. Lugo	6810-01-412-0637

- 18-2.2.1 **Bote de Seguridad.** Un bote motorizado de seguridad debe estar presente como mínimo para todos los buceos en aguas abiertas. Un bote de seguridad también es recomendado para buceos atendidos desde muelles o buceos desde la costa. Sin embargo, en muchos casos la práctica de buceo seguro, requerirá la presencia de más de un bote de seguridad. El Supervisor de Buceo debe determinar el número de botes requeridos con base en el área de buceo, el plan de evacuación médica, operaciones nocturnas y el número de personal participante en la operación de buceo.
- 18-2.2.2 **Líneas de Compañeros.** Las líneas de compañeros son consideradas equipo de seguridad importante para buceos con UBA de circuito cerrado. En situaciones especiales de buceo, tales como buceo atendido por tenders, no puede ser factible el uso de estas líneas. El Supervisor de Buceo llevará buceos sin líneas de compañeros solamente en situaciones donde no es factible su uso o donde su uso pondría en mayor riesgo a los buzos que si se buceara sin ellas.
- 18-2.2.3 **Líneas de Distancia.** Cualquier línea de compañeros de más de 10 pies (3 metros) de longitud es referida como línea de distancia. Su longitud no debe exceder de 81 pies (25 metros). Las líneas de distancia estarán conectadas de manera segura a ambos buzos.

Tabla 18-5. Requerimientos del Equipo de Buceo UBA MK 16 MOD 1.

Generalidades	Supervisor de Buceo	Buzos	Buzo Standby
1. Bote de seguridad motorizado	1. Reloj de buceo	1. Reloj de buceo	1. Reloj de buceo
2. Radio (comunicación con la unidad madre, cámara, comunicación entre el bote de seguridad cuando sea factible)	2. Lista de materiales de buceo	2. Máscara o visor	2. Máscara o visor
3. Luz de alta intensidad y haz ancho (operaciones nocturnas)	3. Tablas de Descompresión Apropiadas	3. Aletas	3. Aletas
4. Banderas de buceo y/o luces para operaciones especiales según sea requerido	4. Equipo de llamado	4. Navaja de buceo	4. Navaja de buceo
5. Suficiente agua potable (2.2 lts) en caso de daño químico		5. Chaleco salvavidas o Dispositivo de Control de Flotabilidad aprobado	5. Chaleco salvavidas o Dispositivo de Control de Flotabilidad aprobado
6. Sistema de Respiración de Emergencia para Buceos con descompresión planeados		6. Protección térmica apropiada	6. Protección térmica apropiada
		7. UBA MK 16 MOD 1	7. UBA con la misma capacidad de profundidad. Para buceos sin influencia de explosivos o buceos de entrenamiento, el buzo en espera puede usar SCUBA
		8. Profundímetro	8. Profundímetro
		9. Cinturón con pesas (si es necesario)	9. Cinturón con pesas (si es necesario)
		10. Línea de compañero apropiada para operaciones de buceo EOD	10. Línea de atención
		11. Línea de atención apropiada para operaciones de buceo EOD	

18-2.2.4 **Buzo Standby o en Espera.** Cuando sea apropiado durante los buceos de entrenamiento o en operaciones donde no influya, se puede usar el scuba con circuito abierto. Refiérase al Capítulo 6 [Figura 6-23](#) por las guías.

18-2.2.5 **Líneas de Atención.** Las líneas de atención para los buzos estarán fabricadas de cualquier línea ligera que tenga flotabilidad y que sea marcada fácilmente como está indicado en el párrafo 18-2.2.6 (cabo de polipropileno de ¼ de pulgada es bastante conveniente).

- 18-2.2.6 **Marcado de Líneas.** Las líneas utilizadas para controlar la profundidad del(os) buzo(s) deben ser marcadas para los buceos de descompresión. Esto incluye las líneas de atención, líneas de marcación y líneas “puente”. Las líneas deben ser marcadas con bandas rojas, amarillas o negras empezando en el extremo del buzo o del contrapeso. Las marcas rojas indicarán 50 pies y las amarillas o negras marcarán cada 10 pies.
- 18-2.2.7 **Boya de Marcación del Buzo.** Las boyas de marcación del buzo serán construidas para proporcionar una referencia visual adecuada para verificar la localización del buzo. Además, la cantidad de línea será de suficiente longitud para el perfil del buceo planeado.
- 18-2.2.8 **Profundímetro/Reloj de Pulsera.** Un solo profundímetro o reloj de pulsera pueden ser usados cuando se buceo con un compañero y una línea de compañeros.
- 18-2.2.9 **Protección Térmica.** Los buzos deben estar equipados con protección térmica adecuada para funcionar efectivamente y con seguridad. Un buzo enfriado empezará, ya sea, a temblar o aumentar su ritmo de esfuerzo, cualquiera de los cuales aumentará el consumo de oxígeno y disminuirá la duración del suministro de oxígeno y de la canastilla. Refiérase al Capítulo 6 párrafo 6-6.3 por las guías para buceo con agua caliente y al Capítulo 11 para guías sobre el buceo en aguas frías.
- 18-2.2.10 **Salvavidas o Dispositivo de Control de Flotabilidad Aprobado.** A discreción del Supervisor de Buceo puede utilizarse un salvavidas o dispositivo de control de flotabilidad aprobado. Refiérase al Capítulo 7 para guías sobre el uso y entrenamiento requerido para dispositivos de control de flotabilidad. El salvavidas MK 4 está autorizado para 200 pam y debe estar fijado con 4 cartuchos (30-34 gramos) MIL-C-16385 Tipo II para operaciones EOD. Si el buzo está usando un traje seco aprobado, no es requerido el uso de un salvavidas o dispositivo de control de flotabilidad.
- 18-2.2.11 **Máscara de Cara Completa.** Debe utilizarse una máscara de cara completa autorizada cuando se despliega un buzo solo no atendido, buzo solo marcado, buzo apareado marcado y cuando se utiliza un dispositivo de control de flotabilidad aprobado. Para un buzo atendido, se puede utilizar una máscara de cara completa a discreción del Supervisor de Buceo.
- 18-2.2.12 **Sistema de Respiración de Emergencia (SRE).** El Sistema de Respiración de Emergencia proporciona una fuente de respiración alterna para los buzos en descompresión en el evento de una falla del MK 16 MOD 1. El SRE consiste en un UBA MK 16 MOD 1 montado sobre un marco de ensamblaje para SRE y cargado con el mismo gas diluyente para el buceo planeado.
- 18-2.3 **Consideraciones de la Cámara de Recompresión.** No se requiere una cámara de recompresión como pre-requisito para operaciones de buceo con UBA de circuito cerrado a menor profundidad que 200 pam. Para buceos con MK 16 MOD 1 más profundos que 200 pam, se requiere una cámara de recompresión en el sitio. En el sitio se define como una cámara certificada y lista, accesible dentro de 30 minutos del sitio de buceo con la transportación disponible. Se deben determinar los siguientes puntos antes de iniciar cualquier operación de buceo:
- Localización de la cámara de recompresión en funcionamiento más cercana. Se debe obtener la confirmación positiva de la disponibilidad de la cámara.
 - El método óptimo de transporte hacia la cámara de tratamiento o instalación médica. Si es necesaria la coordinación con otras unidades para obtener apoyo de una aeronave, bote o vehículo, el Supervisor de Buceo deberá saber los números telefónicos y puntos de contacto necesarios para tener disponibles estas instalaciones tan rápido como sea posible. Un plan de evacuación médica deberá estar incluido en la lista de verificación

del Supervisor. Se recomienda que se prepare una lista de verificación de asistencia de emergencia similar a la del Capítulo 6.

- Una cámara de recompresión, condonada por CNO, y un Oficial Médico de Buceo son requeridos antes de cualquier buceo planeado que exceda los límites máximos de trabajo.

18-2.4 Procedimientos de Buceo para el MK 16 MOD 1.

18-2.4.1 Procedimientos de Seguridad Estándar para EOD. Deben ser observados los siguientes procedimientos de seguridad estándar durante las operaciones de buceo EOD:

- Se requiere un Oficial de Buceo EOD para estar en el Control Táctico de todas las operaciones de buceo EOD que involucren Procedimientos de Entrega Segura (RSP). Control Táctico es definido como en la estación o continua comunicación de voz táctica de tiempo completo con el equipo de buceo que realiza el RSP.
- Cuando se bucea sobre influencia de explosivos o desconocidos, el equipo del buzo en espera debe ser del mismo tipo que el buzo que está realizando el procedimiento actual.

18-2.4.2 Métodos de Buceo. Los métodos de buceo con MK 16 MOD 1 incluyen:

18-2.4.2.1 Desplegando un solo Buzo EOD, no Atendido. Generalmente, es más seguro para los buzos trabajar en parejas en lugar de uno solo. Sin embargo, para hacerlo buceando con la influencia de explosivos bajo el agua, dobla el tiempo de fondo del buzo esperado, incrementa el riesgo de detonación de explosivos vivos e incrementa el riesgo de detonación causada por la influencia adicional de la intervención del segundo buzo. El Oficial de Buceo EOD puede autorizar el empleo de un solo buzo, no atendido, cuando es considerado que el peligro de explosión es más grande que el peligro presentado por el buzo solo. Todos los buzos solos, no atendidos, deben utilizar una máscara de cara completa. El Oficial de Buceo EOD o el Supervisor de Buceo, debe considerar los siguientes factores cuando decide operar con un solo buzo o en parejas:

- La experiencias del buzo
- La confianza del equipo
- Tipo y condición de los explosivos sospechados
- Condiciones ambientales
- Grado de la urgencia operacional requerida

18-2.4.2.2 Buzo Solo Marcado. Consiste de un buzo solo con máscara de cara completa, marcado con una línea flotante de peso ligero fijada a un flotador en superficie. Una vez completado un buceo que requiera descompresión, el buzo le señalará al Supervisor de Buceo que está listo para salir a superficie. El bote de buceo se acercará al flotador y recobrará al buzo.

18-2.4.2.3 Pareja de Buzos Marcados. Los procedimientos para pareja de buzos marcados son idénticos a los procedimientos para un solo buzo marcado, pero con la adición de que el segundo buzo está conectado a una línea de compañeros/a distancia.

18-2.4.2.4 Buceo Atendido. Consiste de un buzo solo atendido desde superficie o un par de buzos usando una línea de compañeros/a distancia, con un buzo usando una línea de profundidad marcada que es continuamente atendida desde superficie.

18-2.4.2.5 Buzo en Escenarios de Entrenamiento. Los escenarios de entrenamiento simulando explosivos no constituyen una amenaza real, por lo tanto, no deben usarse buzos solos desatendidos en operaciones de entrenamiento. Los buzos deben ser atendidos desde superficie o marcados con una boyas.

18.2.5 Seguridad en Barcos. Cuando las operaciones son realizadas en la vecindad de barcos, deben seguirse las guías proporcionadas en la Lista de Verificación de Seguridad en Reparación de Barcos (ver [Figura 6-20](#)).

18-2.6 Autorización de Área Operacional. La notificación de intención de realizar operaciones de buceo debe ser coordinada de acuerdo con las directivas locales.

18-3 PROCEDIMIENTOS PREVIOS AL BUCEO

18-3.1 Informe o Resumen del Supervisor de Buceo. Un informe o resumen completo y bien preparado refuerza el nivel de confianza de los buzos e incrementa la seguridad, y es un factor importante en el término de las operaciones con éxito. Normalmente será dado por el Supervisor de Buceo, quien estará a cargo de todas las operaciones de buceo en el lugar de trabajo. El informe será dado aparte del informe del trabajo completo y enfocará la parte de buceo de la operación, dando especial atención a los puntos mostrados en la [Tabla 18-6](#).

18-3.2 Verificación del Supervisor de Buceo. Antes del buceo, el Supervisor de Buceo se debe asegurar que cada UBA esté apropiadamente ajustada y que se complete la lista de verificación previa al buceo. La segunda fase de la revisión por parte del Supervisor de Buceo es realizar una inspección previa al buceo después que los buzos se han equipado (Refiérase a la [Figura 3-3](#) del manual de Operación y Mantenimiento del MK 16 MOD 1). El Supervisor de Buceo se asegura que el UBA y el equipo relacionado (chaleco salvavidas, cinturón con pesas, etc.) estén colocados de manera apropiada, que el equipo relacionado con la misión o trabajo (compás, profundímetro, reloj de buceo, líneas de compañero, equipo táctico, etc.) esté disponible y que el UBA funcione correctamente antes de permitir que los buzos entran al agua. En el manual de operación y mantenimiento del MK 16 MOD 1 se proporcionan listas de verificación apropiadas para confirmar que el UBA funciona correctamente.

18-4 DESCENSO

La velocidad máxima de descenso es de 60 pies/minuto. Durante el descenso, el UBA automáticamente compensará por el incremento de presión de agua y proveerá un volumen adecuado de gas para respiración. Durante el descenso la presión parcial de oxígeno puede incrementarse conforme se añade oxígeno a la mezcla respiratoria como una porción del diluyente. Dependiendo de la velocidad y profundidad de descenso, la pantalla primaria del UBA MK 16 MOD 1 puede iluminar la luz verde intermitente. Puede tomar de 2 a 15 minutos consumir el oxígeno adicional añadido por el diluyente durante el descenso. Mientras respira para bajar la ppO₂, el buzo debe verificar continuamente la pantalla primaria y secundaria hasta que la ppO₂ regrese al nivel del punto de ajuste de 1.3 ata.

PRECAUCIÓN

Hay un incremento en el riesgo de toxicidad por oxígeno buceando con MK 16 MOD 1 sobre el MK 16 MOD 0, especialmente durante la fase de descenso en buceos profundos con HeO₂. Los Supervisores de Buceo y los buzos deben estar conscientes de que presiones parciales de oxígeno de 1.6 o más altas pueden experimentarse temporalmente debido a la ppO₂ rebasada. Refiérase al párrafo 18-10.1.1 por la información sobre el reconocimiento y prevención de la toxicidad por oxígeno del SNC.

Tabla 18-6. Informe de Buceo para el UBA MK 16 MOD 1.

A. Plan de Buceo	F. Comunicaciones
1. Profundidad de operación	1. Frecuencia primaria y secundaria
2. Tiempos de buceo	2. Señales de llamada
3. Tablas de descompresión	G. Procedimientos de Emergencia
4. Distancia, rumbo y tiempos de tránsito	1. Síntomas de toxicidad por O ₂ del SNC y por elevación de CO ₂
5. Todos los obstáculos o riesgos conocidos	2. Revisión de manejo de la toxicidad por O ₂ del SNC, toxicidad por CO ₂ , hipoxia, daño químico, buzo inconsciente
B. Medioambiente	3. Mal funcionamiento del UBA (refiérase al manual de mantenimiento para una discusión detallada) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Falla del sensor de oxígeno ▪ Baja ppO₂ ▪ Alta ppO₂ ▪ Falla electrónica ▪ Luz roja intermitente en la pantalla primaria en el ascenso (situación de no-emergencia) ▪ Batería baja ▪ Flujo libre del diluyente ▪ Falla de la válvula de adición de diluyente ▪ Sistema inundado ▪ Falla del sistema electrónico primario para cambiar sobre 1.3 ata de ppO₂ en el descenso
C. Asignaciones del Personal	4. Procedimientos de pérdida de aletas
1. Parejas de buceo	5. Plan de descompresión omitida
2. Supervisor de Buceo	6. Plan de evacuación médica <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cámara disponible más cercana ▪ Oficial Médico de Buceo más cercano ▪ Plan de transporte ▪ Recuperación de otro par de aletas
3. Oficial de Buceo	H. Tiempos para Operación
4. Buzo Standby o en Espera	I. Verificación de Tiempo
5. Personal médico de buceo	
6. Personal de apoyo de la base de operaciones	
D. Equipo Especial para:	
1. Buzos (incluye protección térmica)	
2. Supervisor de Buceo	
3. Buzo Standby o en Espera	
4. Personal médico	
E. Revisión de las Señales de Buceo	
1. Señales de mano	
2. Señales de jalones de línea para UBA MK 16 MOD 1 (Tabla 18-7)	

Tabla 18-7. Señales por Jalones de Línea para el UBA MK 16 MOD 1.

Señal	De	A	Significado
1 jalón	Buzo	Tender	Comunicación mediante jalones iniciada
7 jalones	Buzo	Tender	He empezado, encontrado o terminado el trabajo
2-3 jalones	Buzo	Tender	Tengo síntomas de descompresión
3-2 jalones	Buzo	Tender	Respirando del SRE (UBA de SRE funcionado adecuadamente)
4-2 jalones	Buzo	Tender	Falla en el equipo
2-1 jalones	Buzo Tender	Tender Buzo	Comunicación mediante jalones terminada
5 jalones	Buzo	Tender	He excedido la profundidad de buceo planeada (Esto es seguido de 1 jalón por cada 5 pam de profundidad excedida desde la profundidad planeada)

La pantalla primaria del UBA MK 16 MOD 1 debe indicar una transición desde 0.7 a 1.3 ata a 33 pam. El buzo debe verificar esta transición monitoreando su pantalla secundaria. Si no hay indicación de esta transición con el descenso continuo pasando 40 pam, debe terminarse el buceo y el buzo debe ascender a la superficie de acuerdo con la cédula de descompresión apropiada.

18-5 PROCEDIMIENTOS BAJO EL AGUA

18-5.1 Guías Generales. Los buzos se deberán apagar a las siguientes guías conforme es realizado el buceo:

ADVERTENCIA **La falla en la adhesión a estas guías podría resultar en lesión grave o muerte.**

- Verifique la pantalla primaria y secundaria frecuentemente.
- El buzo no debe añadir oxígeno en el descenso, excepto como parte de un procedimiento de emergencia, o en cualquier momento mientras esté en el fondo, debido al incremento en el riesgo de la toxicidad por oxígeno.
- Use la protección térmica adecuada.
- Conozca y utilice la cantidad apropiada de peso para la protección térmica usada y el equipo llevado.
- Cada uno verifique el equipo del otro cuidadosamente buscando fugas.
- No exceda la duración de la canastilla del UBA y los límites de profundidad para el buceo, ver [párrafo 18-2.4.1](#).
- Minimice la pérdida de gas del UBA (evite fugas en la máscara y los cambios de profundidad frecuentes, si es posible).
- Mantenga contacto físico o visual frecuente con su compañero.
- Esté alerta por síntomas sugestivos de un problema médico ver [párrafo 18-10](#).
- Utilice las corrientes y mareas para obtener su máxima ventaja.

HOJA DE REGISTRO DE BUCEO MK 16 MOD 1										
Supervisor de Buceo					Fecha					
Temperatura del Agua			Temperatura del Aire		Profundidad (pam)					
Tabla		Cédula			Tiempo de Fondo Planeado					
Presión de la Botella de oxígeno del SRE					Presión del diluyente del SRE					
	Nombre	Grupo Repetitivo	Nº de Equipo	Presión de O ₂	Presión del Diluyente	Batería %	Deja Superficie	Deja Fondo	Llega a Superficie	Tiempo Total de Fondo
Buzo 1										
Buzo 2										
Buzo Standby										
Velocidad de Descenso	Tiempo Programado en la Parada		Profundidad de la Parada		Tiempo Real en la Parada			Tiempo de Viaje	Observaciones	
	Buzo	Standby			Buzo	Standby				
			10							
			20							
			30							
			40							
			50							
			60							
			70							
			80							
			90							
			100							
			110							
			120							
			130							
			140							
			150							

Figura 18-2. Hoja de Registro de Buceo con MK 16 MOD 1.

18-5.2 **En la Profundidad.** Si el UBA está funcionando normalmente a la profundidad, no se requerirán ajustes. El sistema de control de la ppO₂ añadirá oxígeno como sea necesario para asegurar que permanezca el nivel de oxígeno en el punto de ajuste. Verifique las siguientes pantallas de acuerdo al manual de operación y mantenimiento del MK 16 MOD 1:

- **Pantalla Primaria.** Verifique frecuentemente la pantalla primaria para asegurar que el nivel de oxígeno se mantiene en el punto de ajuste durante la actividad normal a una profundidad constante (la operación de la válvula de adición de oxígeno en el MK 16 MOD 1 no debe escucharse).
- **Pantalla Secundaria.** Verifique la pantalla secundaria cada 2 a 3 minutos para asegurar que todos los sensores están de acuerdo a lo indicado en la pantalla primaria y que los voltajes de la batería están indicados apropiadamente.
- **Indicadores de Alta Presión.** Verifique frecuentemente el indicador de presión de diluyente y de oxígeno para asegurar que el suministro de gas es adecuado para terminar el buceo.

18-6 PROCEDIMIENTOS DE ASCENSO

La velocidad máxima de ascenso para el MK 16 MOD 1 es de 30 pies por minuto. Durante el ascenso, cuando disminuye la presión del agua, la ppO₂ en la mezcla de gas respiratoria puede disminuir más rápido que el O₂ pueda ser añadido por la válvula de adición de oxígeno. En estas circunstancias la pantalla primaria puede mostrar luz roja/verde alternadas, entonces aparece la luz roja intermitente por baja ppO₂. Esta es una reacción normal a la disminución en la presión parcial y es una indicación de que el UBA está funcionando correctamente. Aún con la estricta adherencia a una velocidad de ascenso de 30 pies/min, el buzo puede experimentar luz roja intermitente en la pantalla primaria. Esto puede también ser una indicación de mal funcionamiento del equipo y puede ser necesario añadir oxígeno al UBA manualmente. Añadiendo oxígeno mientras se observa la pantalla secundaria ayudará al buzo a discriminar entre una disminución normal en la presión parcial de oxígeno debida al ascenso y un mal funcionamiento del UBA. Otras acciones que el buzo puede tomar son:

- Asegurarse que no se excede la velocidad de ascenso de 30 pies/min.
- Una vez arribando a la primera parada de descompresión permitir que el UBA se estabilice. Si después de 4 minutos de haber arribado a la primera parada persiste la luz roja intermitente en la pantalla primaria, el buzo debe iniciar el procedimiento de emergencia apropiado para ppO₂ baja.

18-7 PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESION

No pueden usarse las Tablas de Descompresión Estándar de la Marina de E. U. con un UBA de circuito cerrado, ya que la ppO₂ se mantiene constante a un nivel ajustado previamente sin importar la profundidad. Por lo tanto, las tablas de descompresión dadas en la [Tabla 18-9](#) a 14 han sido desarrolladas y probadas específicamente para el MK 16 MOD 1.

18-7.1 **Monitoreo de la ppO₂.** Durante la descompresión, es muy importante verificar constantemente la pantalla secundaria y asegurar que se mantenga una ppO₂ de 1.3 tan cerca como sea posible. Siempre utilice la tabla de descompresión apropiada cuando salga a superficie, aún si un mal funcionamiento del UBA ha alterado significativamente la ppO₂.

NOTA **La descompresión en superficie no está autorizada para operaciones con UBA MK 16 MOD 1. No se han desarrollado tablas de descompresión en superficie apropiadas para buceos con circuito cerrado y ppO₂ constante de 1.3 ata.**

18-7.2 Reglas para el Uso de las Tablas de Descompresión para MK 16 MOD 1.

NOTA **Las reglas para el uso de las tablas de descompresión son las mismas para nitrógeno y helio; sin embargo, las tablas NO son intercambiables.**

- Estas tablas están diseñadas para ser usadas con el UBA MK 16 MOD 1.
- Para buceos con HeO₂, purgue bien el UBA con helio-oxígeno usando el procedimiento de purga apropiado del manual de operación y mantenimiento del UBA MK 16 MOD 1.
- Las tablas están agrupadas por profundidad y dentro de cada grupo de profanidad está una línea de exposición excepcional. Estas tablas están diseñadas para ser divididas por la línea de exposición excepcional. Las cédulas debajo de la línea de exposición excepcional se proporcionan para circunstancias imprevistas cuando un buzo pudiera experimentar una excursión descendente inadvertida o por una razón imprevista sobrepasa el tiempo de fondo planeado.
- Las tablas/cédulas son seleccionadas de acuerdo con la máxima profundidad alcanzada durante el buceo y el tiempo de fondo (tiempo desde que se deja la superficie hasta que se deja el fondo).
- Las reglas generales para el uso de estas tablas son las mismas que para las tablas estándar de aire, e incluyen el uso de la regla de excepción de TNR cuando se calcula el tiempo equivalente de buceo sencillo para buceos repetitivos

NOTA **Las designaciones de Grupo de TNR no son intercambiables entre Tablas de Descompresión. No hay procedimientos de buceo repetitivo para convertir TNR entre los diluyentes helio y nitrógeno o SCUBA.**

1. Entre a la tabla a la profundidad enlistada que sea exactamente igual a o la próxima mayor que la máxima profundidad alcanzada durante el buceo.
2. Seleccione el tiempo de fondo de los enlistados para la profundidad seleccionada que sea exactamente igual a o el próximo mayor que el tiempo de fondo del buceo.
3. Nunca intente interpolar entre las cédulas de descompresión.
4. Use las paradas de descompresión enlistadas para el tiempo de fondo seleccionado.
5. Asegúrese que el pecho de los buzos se mantenga tan cerca como sea posible de cada parada de descompresión durante el número de minutos indicados.
6. La máxima velocidad de ascenso es de 30 pies por minuto.
7. Empiece el tiempo de cada parada al llegar a la profundidad de la parada de descompresión y continúe el ascenso cuando haya terminado el tiempo especificado. No incluya al tiempo de ascenso como parte del tiempo de la parada.
8. La última parada se tomara en 20 pam. No se permiten paradas a menor profundidad que 20 pam para buceos con 1.3 ata de ppO₂, ya que el sistema electrónico primario cambiará de 1.3 a 0.7 ata de ppO₂ en el ascenso sobre 13 pam.
9. Utilice siempre la tabla de descompresión apropiada cuando salga a superficie, aún si un mal funcionamiento ha alterado significativamente la ppO₂.

- En situaciones de emergencia (p.ej., inundación o falla del UBA), ascienda inmediatamente a la primera parada de descompresión de acuerdo a la cédula de descompresión original si está más profundo que la primera parada, y cambie al Sistema de Respiración de Emergencia (SRE).
- Cuando se seleccione la tabla de descompresión adecuada, deben considerarse todos los buceos dentro de las últimas 12 horas. Son permitidos los buceos repetitivos a condición de que sea utilizado el mismo diluyente de los buceos previos. Refiérase a las siguientes tablas:
 - [Figura 18-5](#) por la Hoja de Trabajo para Buceo Repetitivo para Buceos con MK 16 MOD 1 y N₂O₂.
 - [Tabla 18-9](#) por los Límites de No-Descompresión y Designación de Grupo Repetitivo para Buceos con MK 16 MOD 1 y N₂O₂.
 - [Tabla 18-10](#) por la Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos con MK 16 MOD 1 y N₂O₂.
 - [Figura 18-6](#) por la Hoja de Trabajo para Buceo Repetitivo para Buceos con MK 16 MOD 1 y HeO₂.
 - [Tabla 18-12](#) por los Límites de No-Descompresión y Designación de Grupo Repetitivo para Buceos con MK 16 MOD 1 y HeO₂.
 - [Tabla 18-13](#) por la Tabla de Tiempo de Gas Residual para Buceos con MK 16 MOD 1 y HeO₂.
 - [Tabla 18-14](#) Tablas de Descompresión para MK 16 MOD 1 con HeO₂.

18-7.3

Variaciones de la ppO₂. Es esperado que la ppO₂ en el UBA MK 16 MOD 1 varíe ligeramente entre 1.15 – 1.45 ata por breves intervalos irregulares. Esto no constituye un mal funcionamiento. Cuando la adición de oxígeno al UBA es controlado manualmente, la ppO₂ debe mantenerse de acuerdo con las técnicas y procedimientos de emergencia listados en el manual de Operación y Mantenimiento del MK 16 MOD 1.

El Supervisor de Buceo y el personal médico deben reconocer que un buzo que ha estado respirando una mezcla con ppO₂ más bajo que 1.15 ata por cualquier cantidad de tiempo, puede tener un gran riesgo de desarrollar enfermedad de descompresión. El buzo requiere observación después de salir a superficie, pero no necesita ser tratado, a menos que ocurran síntomas de enfermedad de descompresión.

18-7.4

Sistema de Respiración de Emergencia (SRE). El Sistema de Respiración de Emergencia ([Figura 18-3](#)) proporciona una fuente de respiración alterna para los buzos en descompresión en el evento de una falla del MK 16 MOD 1. El SRE consiste en un UBA MK 16 MOD 1 montado sobre un marco de ensamblaje para SRE y cargado con el mismo gas diluyente para el buceo planeado.

18-7.4.1

Procedimientos para Despliegue de SRE. Sin importar la profundidad de la primera parada de descompresión, el SRE debe bajarse al menos a 40 pam para permitir que el interruptor hidrostático en el sistema electrónico primario cambie de 0.75 a 1.3 ata de ppO₂. Entonces el SRE puede subirse o bajarse a 10 pies debajo de la primera parada de descompresión. Refiérase al Capítulo 3 del manual de Operación y Mantenimiento del MK 16 MOD 1 por los detalles de los procedimientos del SRE.

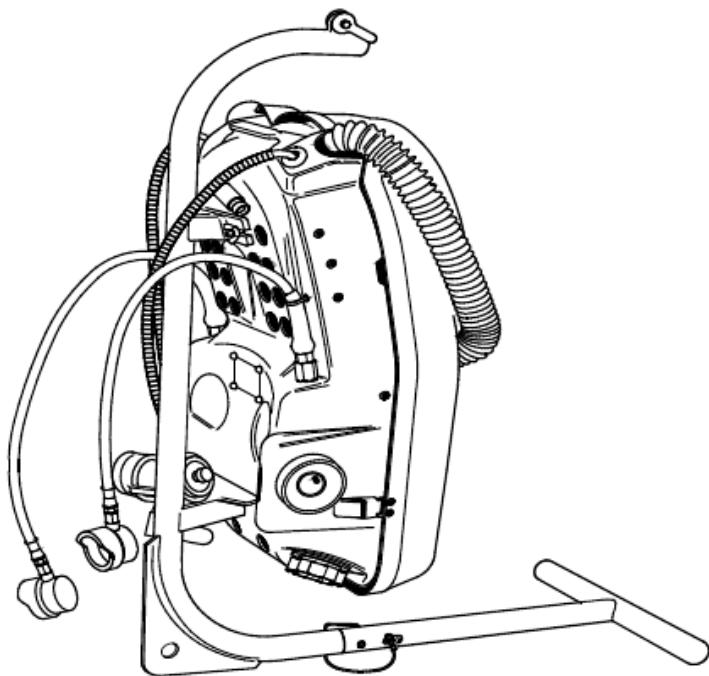


Figura 18-3. Sistema de Respiración de Emergencia.

18-8 VOLANDO DESPUES DE BUCEAR Y PROCEDIMIENTOS DE BUCEO DE ALTITUD.

Volar después de bucear con MK 16 MOD 1 requiere consideración especial. Si fueron realizados buceos de no-descompresión y los tiempos de fondo totales, incluyendo los buceos repetitivos, sumando al menos 2 horas, entonces es requerido un periodo de espera de 12 horas antes de volar. Si fueron realizados buceos de descompresión, o buceos de no-descompresión con un tiempo de fondo acumulado mayor a 2 horas, entonces es requerido un periodo de espera de 24 horas antes de volar. Para buceos de altitud arriba de 3,000 pies, el Supervisor de Buceo debe consultar con NAVSEA 00C por las guías.

18-9 PROCEDIMIENTOS POSTERIORES AL BUCEO.

Deben completarse los procedimientos posteriores al buceo de acuerdo con las listas de verificación posteriores al buceo del manual de Operación y Mantenimiento del UBA MK 16 MOD 1.

18-10 ASPECTOS MEDICOS DEL UBA CON MEZCLA DE GASES Y CIRCUITO CERRADO

Cuando se está usando un UBA con mezcla de gases y circuito cerrado, el buzo es susceptible a las enfermedades usuales relacionadas con el buceo (p.ej., enfermedades de descompresión, embolismo gaseoso arterial, barotrauma, etc.). En este capítulo solamente se dirigen los trastornos de buceo que merecen especial atención para los buzos con mezcla de gases y circuito cerrado. Refiérase al [Capítulo 3](#) para una discusión detallada de la fisiología y los trastornos relacionados al buceo.

18-10.1 **Toxicidad por Oxígeno del Sistema Nervioso Central (SNC).** El envenenamiento por alta presión de oxígeno es conocido como toxicidad por oxígeno del SNC. Las presiones parciales de oxígeno altas están asociadas con muchos cambios bioquímicos en el cerebro, pero que cambios específicos son responsables de los signos y síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC son actualmente desconocidos. La toxicidad por oxígeno del SNC no es probable que ocurra a presiones parciales por debajo de 1.3 ata, aunque una relativamente breve exposición a presiones parciales arriba de esto, cuando ocurre a profundidad o en una cámara presurizada, puede resultar en toxicidad por oxígeno del SNC causando síntomas relacionados al SNC.

18-10.1.1 **Causas de Toxicidad por Oxígeno del SNC.** Los factores que incrementan la probabilidad de toxicidad por oxígeno del SNC son:

- Presión parcial de oxígeno incrementada
- Tiempo de exposición incrementado
- Inmersión prolongada
- Estrés por ejercicio físico extenuante
- Incremento de bióxido de carbono. El riesgo incrementado de toxicidad por oxígeno del SNC puede ocurrir aún antes de que el buzo esté avisado de cualquier síntoma de incremento de bióxido de carbono.
- Estrés frío resultando en calosfríos o una proporción de ejercicio incrementada conforme el buzo intenta mantenerse caliente.
- Enfermedades sistémicas que incrementan el consumo de oxígeno. Condiciones asociadas con aumento del metabolismo (tal como ciertos trastornos de tiroides o adrenales), tienden a causar un incremento en la sensibilidad al oxígeno. Los buzos con estas enfermedades deben ser excluidos del buceo con oxígeno.

Aunque el UBA MK 16 MOD 1 mantiene una ppO₂ de aproximadamente 1.3 ata, un descenso rápido puede no permitir al oxígeno que está ya en el circuito ser consumido lo suficientemente rápido, resultando en una ppO₂ alta. *Cuando se muestran niveles altos de oxígeno, el descenso debe ser lento. Si el buzo está en menos de 20 pam, existe poco peligro de toxicidad por oxígeno. Si el buzo está más profundo que 20 pam, y persiste en el UBA una ppO₂ de 1.45 ata o más alta por periodo consecutivo de 15 minutos, esta condición debe ser tratada como un mal funcionamiento del UBA y deben seguirse los procedimientos de emergencia apropiados*

18-10.1.2 **Síntomas de Toxicidad por Oxígeno del SNC.** Los síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC pueden no siempre aparecer y la mayoría no son síntomas exclusivos de toxicidad por oxígeno. El síntoma más grave de toxicidad por oxígeno del SNC son las convulsiones, las cuales pueden ocurrir repentinamente sin ningún síntoma previo, y pueden resultar en ahogamiento o embolismo gaseoso arterial. Las contracciones son tal vez el aviso más claro de toxicidad por oxígeno, pero pueden ocurrir tarde. La nemotecnia VONCIM-C es una ayuda para recordar los síntomas más comunes de toxicidad por oxígeno del SNC. La aparición de cualquiera de estos síntomas normalmente representa un signo corporal de aflicción de alguna clase y debe ser atendido.

V: Visión. Visión en túnel, una disminución en la visión periférica del buzo, y pueden ocurrir otros síntomas tales como visión borrosa.

O: Oído. Tinnitus (zumbido), es un sonido percibido por los oídos pero no resultante de un

estímulo externo. El sonido puede parecerse a timbres de campanas, rugidos o sonidos como de maquinaria pulsando.

- N:** Nausea o vómito espasmódico. Estos síntomas pueden ser intermitentes.
- C:** Contracciones o síntomas de hormigueo. Cualquiera de los pequeños músculos faciales, labios o músculos de las extremidades pueden ser afectados. Estos son los síntomas más claros y frecuentes.
- I:** Irritabilidad. Cualquier cambio en el estado mental del buzo incluyendo confusión, agitación y ansiedad.
- M:** Mareo. Los síntomas incluyen torpeza, incoordinación y fatiga inusual.
- C:** Convulsiones.

Los siguientes factores adicionales deben notarse con respecto a una convulsión por oxígeno:

- El buzo es incapaz de llevar una respiración efectiva durante la convulsión.
- Despues de que el buzo es traído a la superficie, habrá un periodo de inconciencia o deterioro neurológico después de la convulsión; estos síntomas son indistinguibles de los de embolismo gaseoso arterial.
- No se debe intentar insertar ningún objeto entre los dientes trabados de un buzo convulsionando. Aunque un buzo convulsionando puede sufrir una laceración de lengua, este trauma es preferible al trauma que puede ser causado durante la inserción de un objeto extraño. Además, la persona que está proporcionando primeros auxilios puede sufrir una lesión significante en la mano si es mordido por el buzo convulsionando.
- Puede no haber aviso de una convulsión inminente para proporcionar al buzo la oportunidad de retornar a la superficie. Por consiguiente, las líneas de compañeros son esenciales para la seguridad del buceo con oxígeno en circuito cerrado.

18-10.1.3 **Tratamiento de Síntomas No-Convulsivos.** Si ocurren síntomas no convulsivos de toxicidad por oxígeno del SNC, se deben tomar acciones inmediatamente para bajar la presión parcial de oxígeno. Tales acciones incluyen:

- Ascienda. La ley de Dalton bajará la presión parcial de oxígeno.
- Añada diluyente al circuito de respiración.
- Cierre el cilindro de oxígeno si está incontrolada la adición de oxígeno.

Aunque un ascenso desde la profundidad bajará la presión parcial de oxígeno, el buzo puede continuar sufriendo otros o empeorar los síntomas. Los buzos deben notificar al Supervisor de Buceo y terminar el buceo.

18-10.1.4 **Tratamiento de Convulsiones Bajo el Agua.** Deben tomarse los siguientes pasos cuando se trata un buzo con convulsiones:

1. Asuma una posición detrás del buzo convulsionando. Quítale a la víctima el cinturón con lastre solamente si impide significativamente el progreso a la superficie.

- 2.** Deje la boquilla de la víctima en su boca. Si esta no está en su boca, no intente recolocarla; sin embargo, si el tiempo lo permite, asegúrese que la boquilla está en la posición SUPERFICIE.
- 3.** Abrace a la víctima alrededor de su pecho sobre el UBA o entre el UBA y su cuerpo. Si se encuentra dificultad para lograr el control de la víctima de esta manera, el rescatador debe usar el mejor método posible para obtener el control.
- 4.** Ventile el UBA con diluyente para bajar la ppO₂ y mantener la profundidad hasta que la convulsión ceda.
- 5.** Haga un ascenso controlado a la primera parada de descompresión, manteniendo una ligera presión sobre el pecho del buzo para asistir la exhalación.
 - Si el buzo recupera el control, continúe con la descompresión apropiada.
 - Si el buzo permanece incapacitado, llévelo a superficie a una velocidad moderada, estableciendo una vía aérea, y tráteslo por descompresión omitida sintomática como se señaló en el párrafo 18-10.6.
 - El monitoreo frecuente de las pantallas primaria y secundaria, así como los manómetros de presión de las botellas de oxígeno y diluyente, mantendrá al buzo bien informado de su gas de respiración y estado del equipo.
- 6.** Si se requiere flotabilidad adicional, active el chaleco salvavidas de la víctima. El rescatador no debe liberar su propio cinturón de lastre o inflar su chaleco salvavidas.
- 7.** Una vez alcanzada la superficie, infle el chaleco salvavidas de la víctima si no lo ha hecho previamente.
- 8.** Quitele la boquilla a la víctima y cambie la válvula a SUPERFICIE para prevenir la posibilidad de que el equipo se inunde y arrastre a la víctima hacia abajo.
- 9.** Señale por izaje de emergencia.
- 10.** Asegúrese de que la víctima está respirando. Puede ser necesario iniciar respiración boca a boca.
- 11.** Si ocurrió una excursión ascendente durante la convulsión actual, transporte a la cámara más cercana y tenga a la víctima evaluada por un individuo entrenado para reconocer y tratar enfermedad relacionada con el buceo.

18-10.1.5 Prevención de la Toxicidad por Oxígeno del SNC. Se deben de realizar todas las verificaciones previas al buceo para asegurar el funcionamiento apropiado de los sensores de oxígeno y de las válvulas de adición de oxígeno. El monitoreo frecuente de la pantalla primaria y secundaria ayudará a asegurar que sea mantenida la ppO₂ apropiada.

18-10.1.6 Efecto-Apagado. El efecto-apagado, un riesgo asociado con la toxicidad por oxígeno del SNC, puede ocurrir varios minutos después de que el buzo se queda sin gas o experimenta una reducción de la presión parcial de oxígeno. El efecto-apagado es manifestado por la instalación o empeoramiento de síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC. Si este efecto paradójico es verdaderamente causado por la reducción en la presión parcial de oxígeno o si la asociación es coincidental, se desconoce.

- 18-10.2 Toxicidad Pulmonar por Oxígeno.** La toxicidad pulmonar por oxígeno puede resultar de la exposición prolongada a presiones parciales de oxígeno elevadas. Esta forma de toxicidad por oxígeno produce irritación pulmonar con síntomas de dolor torácico, tos y dolor a la inspiración que se desarrolla lentamente incrementándose conforme el nivel elevado de oxígeno es respirado. Aunque el oxígeno hiperbárico puede causar grave daño pulmonar, si la exposición al oxígeno es descontinuada antes de que los síntomas lleguen a ser tan severos, los síntomas se reducirán lentamente. Esta forma de toxicidad por oxígeno generalmente es vista durante los tratamientos de descompresión con oxígeno, buceos de saturación y en exposiciones con oxígeno en el agua largas y a poca profundidad.
- 18-10.3 Deficiencia de Oxígeno (Hipoxia).** La hipoxia es una deficiencia anormal de oxígeno en la sangre arterial, en la cual la presión parcial de oxígeno es demasiado baja para cumplir las necesidades metabólicas del cuerpo. El [Capítulo 3](#) contiene una descripción profunda de este trastorno. Aunque todas las células en el cuerpo necesitan oxígeno, los síntomas iniciales de hipoxia son una manifestación de disfunción del sistema nervioso central.
- 18-10.3.1 Causas de la Hipoxia.** La causa primaria de hipoxia para un buzo con MK 16 es la falla en la válvula de adición de oxígeno o en el control electrónico primario. Sin embargo, durante un ascenso rápido, la ley de Dalton puede causar que la ppO₂ caiga más rápido de lo que puede ser compensada por el sistema de inyección de oxígeno. Si, durante el ascenso, se muestran niveles bajos de oxígeno, reduzca la velocidad de ascenso y añada oxígeno si es necesario. El agotamiento del suministro de oxígeno o el mal funcionamiento de los sensores de oxígeno, también pueden llevar a una mezcla de gases hipóxica.
- 18-10.3.2 Síntomas de Hipoxia.** La hipoxia puede no tener síntomas de advertencia antes de perder la conciencia. Otros síntomas que pueden aparecer incluyen falta de coordinación, confusión, mareo y convulsiones. Es importante notar que si ocurren síntomas de inconciencia o convulsiones al inicio de un buceo con circuito cerrado, hipoxia, no toxicidad por oxígeno, es la más probable causa.
- 18-10.3.3 Tratamiento de la Hipoxia.** Si se desarrollan síntomas de hipoxia, el buzo debe tomar acciones inmediatas para elevar la presión parcial de oxígeno. Si ocurre inconciencia, el buzo que lo acompaña añadirá oxígeno al equipo mientras verifica la pantalla secundaria. Si el buzo no requiere descompresión, el buzo que lo acompaña debe traer al buzo afectado a la superficie a una velocidad moderada, removerle la boquilla o máscara, y tenerlo respirando aire. Si el caso fue claramente relacionado con hipoxia y el buzo se recupera totalmente con la función neurológica normal poco después de respirar aire en la superficie, no requiere tratamiento por embolismo gaseoso arterial.
- 18-10.3.4 Tratamiento de Buzos Hipóticos que Requieren Descompresión.** Si los buzos requieren descompresión, el buzo acompañante traerá al buzo afectado a la primer parada de descompresión.
- Si se recupera la conciencia, continúe con la descompresión normal.
 - Si no se recupera la conciencia, ascienda a la superficie a una velocidad moderada (no exceda 30 pies/minuto), establezca una vía de aire, administre oxígeno al 100% y tráteslo por descompresión omitida sintomática como está indicado en el [párrafo 18-10.6](#). Si es posible, se debe obtener asistencia inmediata por parte del buzo stand-by y el buzo que no fue afectado continuará con la descompresión normal.
- 18-10.4 Intoxicación por Bióxido de Carbono (Hipercapnia).** La toxicidad por bióxido de carbono, o hipercapnia, es un nivel de bióxido de carbono anormalmente alto en la sangre y tejidos del cuerpo.

18-10.4.1 Causas de Hipercapnia. La hipercapnia generalmente es un resultado de la falla del material absorbente de bióxido de carbono. La falla puede ser un resultado de la formación de canales, inundación o saturación en el material absorbente. La hipercapnia también puede ser causada por la respiración entrecortada o por una ventilación controlada por el buzo, que resulta en una remoción insuficiente de CO₂ del cuerpo del buzo.

18-10.4.2 Síntomas de Hipercapnia. Los síntomas de la hipercapnia son:

- Aumento en la frecuencia y profundidad de la respiración
- Respiración laboriosa (similar a la vista con ejercicio fuerte)
- Dolor de cabeza
- Confusión
- Inconciencia
- Somnolencia

ADVERTENCIA

La hipoxia y la hipercapnia pueden o no dar pequeños avisos al buzo antes de instalarse la inconsciencia.

Los síntomas son dependientes de la presión parcial de bióxido de carbono, lo cual es un factor de la fracción de bióxido de carbono y de la presión absoluta. Así, se esperaría que los síntomas se incrementen conforme se incrementa la profundidad. La presencia de una alta presión parcial de oxígeno puede también reducir los síntomas tempranos de hipercapnia. Niveles elevados de bióxido de carbono pueden resultar en un episodio de toxicidad por oxígeno del SNC en un normalmente seguro perfil de buceo.

18-10.4.3 Tratamiento de la Hipercapnia. Si se desarrollan síntomas de la hipercapnia, el buzo debe:

- Dejar de trabajar inmediatamente y tomar varias respiraciones profundas.
- Incrementar la ventilación si la posible causa es respiración entrecortada.
- Ascender, esto reducirá la presión parcial de bióxido de carbono tanto en el equipo como en sus pulmones.
- Si los síntomas no se abaten rápidamente, el buzo debe abortar el buceo.
- Durante el ascenso, mientras mantiene una posición vertical, el buzo debe activar su válvula de interconexión, añadiendo gas fresco a su UBA. Si los síntomas son un resultado de inundación de la canastilla, una posición recta disminuye la posibilidad de que el buzo sufra una lesión química.
- Si ocurre inconsciencia a profundidad, aplican los mismos principios de manejo para convulsiones bajo el agua como se describió en el [párrafo 18-10.1.5](#).

18-10.4.4 Prevención de la Hipercapnia. Para minimizar el riesgo de hipercapnia:

- Use solo un absorbente de bióxido de carbono aprobado en la canastilla del UBA.
- Siga el procedimiento preescrito de llenado de la canastilla para asegurar que la canastilla está correctamente empacada con absorbente de bióxido de carbono.

- Pruebe sumergiendo el UBA cuidadosamente antes del buceo. Observe por fugas que puedan resultar en inundación de la canastilla.
- No exceda el límite de duración de la canastilla para la temperatura del agua.
- Asegúrese que las válvulas de un solo paso en las mangueras de suministro y escape están instaladas y trabajando apropiadamente.
- Nade a un paso relajado y cómodo.
- Evite la respiración entrecortada. No hay ventaja para este tipo de respiración en un equipo de circuito cerrado y puede causar niveles elevados de bióxido de carbono en la sangre aún con una canastilla funcionando apropiadamente.

18-10.5 Daño Químico. El término daño químico se refiere a la introducción de una solución cáustica, desde el depurador de bióxido de carbono del UBA, hacia las vías aéreas superiores de un buzo.

18-10.5.1 Causas de Daño Químico. Una solución alcalina resulta cuando el agua que penetra en la canastilla entra en contacto con el absorbente de bióxido de carbono. El agua puede entrar a través de una fuga en el circuito de respiración o por posición incorrecta de la válvula rotatoria de la boquilla durante una verificación por fugas. Cuando el buzo está en posición horizontal o con la cabeza hacia abajo, esta solución puede viajar a través de la manguera de inhalación e irritar o dañar las vías aéreas.

18-10.5.2 Síntomas de Daño Químico. Antes de inhalar realmente la solución cáustica, el buzo puede experimentar respiración forzada o dolor de cabeza, los cuales son síntomas de aumento de bióxido de carbono en el gas de respiración. Esto ocurre porque la acumulación de la solución cáustica en la canastilla pudiera estar deteriorando la absorción de bióxido de carbono. Si el problema no se corrige enseguida, la solución alcalina puede viajar por las mangueras de respiración y consecuentemente ser inhalada o tragada. El ahogamiento, náuseas, sabor horrible y quemaduras de boca y garganta pueden iniciar inmediatamente. Esta condición algunas veces es referida como un “cóctel cáustico”. La magnitud del daño depende de la cantidad y distribución de la solución.

18-10.5.3 Manejo de un Incidente Químico. Si la solución cáustica entra a la boca, nariz o máscara, el buzo debe seguir los siguientes pasos:

- Inmediatamente asuma una posición vertical en el agua.
- Presione continuamente la válvula manual de interconexión (by-pass) de diluyente.
- Si el buceo es de no-descompresión, haga un ascenso controlado a la superficie, exhalando a través de la nariz para prevenir una sobre presurización.
- Si el buceo requiere descompresión, cambie al SRE o a otro suministro de respiración alterno. Si no es posible terminar la descompresión planeada, lleve al buzo a la superficie y trátelo por descompresión omitida como está indicado en el [párrafo 18-10.6](#).

Usando agua potable, enjuague la boca varias veces. Pueden tomarse varios tragos de agua. Si solamente hay disponible agua salada, enjuague la boca pero no trague el agua. Se puede sustituir por otros líquidos si están disponibles, pero no se recomienda el uso de soluciones ácidas débiles (vinagre o jugo de limón). No intente inducir el vómito.

Un daño químico puede causar que el buzo tenga dificultad respiratoria principalmente en el ascenso. Deberá ser observado por signos de un embolismo gaseoso arterial y deberá ser

tratado si es necesario. Una víctima de daño químico deberá ser evaluada por un doctor o cuerpo médico tan pronto como sea posible. La dificultad respiratoria, la cual puede resultar de un trauma químico a las vías aéreas, requiere de hospitalización inmediata.

18-10.5.4 Prevención de Daño Químico. Las lesiones químicas se previenen mejor con la ejecución de una cuidadosa prueba de inmersión durante el ajuste previo al buceo para detectar cualquier fuga del sistema. También debe darse especial atención a la válvula rotaria de la boquilla en la entrada y salida del agua para prevenir la entrada de agua hacia el circuito de respiración. Adicionalmente, los compañeros de buceo deben ejecutar una cuidadosa verificación por fugas uno a otro, antes de dejar la superficie al inicio de un buceo.

18-10.6 Descompresión Omitida. Ciertas emergencias pueden interrumpir o prevenir una descompresión específica. La falla del UBA, que se acabe el suministro de gas diluyente o de oxígeno y daños corporales, son ejemplos que constituyen tales emergencias. La descompresión omitida se debe hacer para evitar dificultades posteriores. La [Tabla 18-8](#) contiene guías específicas para el manejo inicial de la descompresión omitida en un buzo Asintomático con MK 16 MOD 1.

18-10.6.1 A 20 pam. Si la parada de descompresión omitida más profunda es a 20 pam, el buzo puede retornar a la parada en el agua en la cual ocurrió la omisión.

- Si el intervalo en superficie fue menor a 1 minuto, agregue 1 minuto al tiempo de la parada y reasuma la descompresión planeada en el punto de interrupción.
- Si el intervalo en superficie fue mayor que 1 minuto, calcule una nueva cédula de descompresión multiplicando el tiempo de la parada a 20 pam por 1.5.
- Ascienda con la nueva cédula de descompresión. Alternativamente, puede sacarse al buzo del agua y tratarlo con [Tabla de Tratamiento 5](#) si el intervalo en superficie es menor a 5 minutos, o [Tabla de Tratamiento 6](#) si el intervalo a superficie es mayor a 5 minutos.

18-10.6.2 Más Profundo que 20 pam. Si la parada de descompresión omitida más profunda es a mayor profundidad que 20 pam, existe una situación más seria. Es obligatorio el uso de una cámara de recompresión cuando está disponible inmediatamente.

- Si se perdieron menos de 30 minutos de descompresión y el intervalo en superficie es menor que 5 minutos, trate al buzo con [Tabla de Tratamiento 5](#).
- Si se perdieron menos de 30 minutos de descompresión, pero el intervalo en superficie excede 5 minutos, trate al buzo con [Tabla de Tratamiento 6](#).
- Si se perdieron más de 30 minutos de descompresión, trate al buzo con [Tabla de Tratamiento 6](#) sin importar la duración del intervalo en superficie.

18-10-6.3 Más Profundo que 20 pam/Sin Cámara de Recompresión Disponible. Si la parada de descompresión omitida más profunda es a mayor profundidad que 20 pam y no hay cámara de recompresión disponible inmediatamente, se requiere la recompresión en el agua. Recomprima al buzo en el agua usando la tabla de descompresión apropiada con ppO₂ constante de 1.3 ata. Descienda a la parada de descompresión omitida más profunda y repita esta parada completamente. Complete la descompresión con la cédula original, alargando todas las paradas a 40 pam y menos profundo multiplicando el tiempo de la parada por 1.5. Si la parada más profunda fue a 40 pam o a menor profundidad, esta parada también deberá ser multiplicada por 1.5. Después de arribar a 40 pam o menos profundo, la presión parcial de oxígeno puede ajustarse manualmente a 1.3 ata (debe tomarse en consideración el incremento en la velocidad de disminución del suministro de oxígeno). Cuando es requerida la

recompresión en el agua, cuide que el intervalo en superficie sea tan corto como sea posible. El UBA del buzo debe verificarse para asegurar que mantendrá al buzo por la obligación de descompresión adicional. El cambio a un UBA en espera puede ser necesario para que el tiempo de descompresión no sea comprometido por el agotamiento de los suministros de gas o falla del absorbente de bióxido de carbono. Mantenga el control de la profundidad, tenga al buzo en reposo y proporcione un compañero de buceo.

Tabla 18-8. Manejo Inicial de Descompresión Omitida en un Buzo Asintomático con MK 16 MOD 1.

Acción				
Parada de Descompresión Omitida más Profunda	Estado de la Descompresión	Intervalo en Superficie	Cámara Disponible	Sin Cámara Disponible
Ninguna	No se requieren paradas de descompresión	NA	Observe en superficie por una hora	Observe en superficie por una hora
20 pam (Nota 1)	Paradas de descompresión requeridas	< 1 minuto	Retorne a la prof. de parada. Incremente al tiempo de parada 1 min. Reasuma la descompresión de acuerdo a la cédula original.	Retorne a la prof. de parada. Incremente al tiempo de parada 1 min. Reasuma la descompresión de acuerdo a la cédula original.
		> 1 minuto	Retorne a la prof. de parada. Multiplique el tiempo de la parada por 1.5. Reasuma la descompresión. O Tabla de Tratamiento 5 para intervalo en superficie < 5 min o Tabla de Tratamiento 6 para intervalo en superficie > 5 min.	Retorne a la prof. de parada. Multiplique el tiempo de la parada por 1.5. Reasuma la descompresión.
Más Profundo que 20 pam (Nota 1)	Parada de descompresión requerida (< 30 min perdidos)	< 5 minutos	Tabla de Tratamiento 5	Descienda a la parada omitida más profunda. Multiplique todas las paradas de 40 pam y menores por 1.5. Reasuma la descompresión.
		> 5 minutos	Tabla de Tratamiento 6	Descienda a la parada omitida más profunda. Multiplique todas las paradas de 40 pam y menores por 1.5. Reasuma la descompresión.
	Parada de descompresión requerida (> 30 min perdidos)	Cualquiera	Tabla de Tratamiento 6	Descienda a la parada omitida más profunda. Multiplique todas las paradas de 40 pam y menores por 1.5. Reasuma la descompresión.
Nota 1: Si el buzo es retorna a una parada de descompresión omitida que es menos profunda que 33 pam, entonces el buzo debe añadir oxígeno manualmente a su UBA para mantener 1.3 ata de ppO ₂ .				

18-10-6.4 Evidencia de Enfermedad de Descompresión o Embolismo Gaseoso Arterial. Si el buzo muestra evidencia de enfermedad de descompresión o embolismo gaseoso arterial antes que la recompresión por descompresión omitida pueda ser realizada, es esencial el tratamiento inmediato utilizando la tabla de tratamiento con oxígeno o aire apropiada. La guía para la selección y uso de la tabla está en el [Capítulo 20](#). Los síntomas que se desarrollan durante el tratamiento de la descompresión omitida deben ser manejados de la misma manera que las recurrencias durante el tratamiento.

18-10.7 Enfermedad de Descompresión en el Agua. Las enfermedades de descompresión se pueden desarrollar en el agua durante un buceo con MK 16 MOD 1. Los síntomas de enfermedad de descompresión pueden ser dolor en las articulaciones o pueden ser manifestaciones más serias tales como entumecimiento, pérdida de la función muscular o vértigo.

El manejo de las enfermedades de descompresión en el agua será difícil en la mejor de las circunstancias. Aquí solamente se pueden presentar guías generales. Las decisiones del manejo deben ser hechas en el sitio, tomando en cuenta todos los factores conocidos. Se debe buscar la asesoría de un Oficial Médico de Buceo siempre que sea posible.

18-10.7.1 Buzo Manteniéndose en el Agua. Si antes de salir a superficie el buzo señala que tiene enfermedad de descompresión pero siente que puede mantenerse en el agua:

1. Envíe al buzo en espera (stand-by) para asistirlo.
2. El buzo tiene que descender a la profundidad de alivio de los síntomas en incrementos de 10 pam, pero no a más profundo de dos incrementos (ej., 20 pam).
3. Calcule un nuevo perfil de descompresión multiplicando todas las paradas por 1.5. Si la recompresión fue más profunda que la profundidad de la primer parada en la cédula de descompresión original, use un tiempo de parada igual a 1.5 veces la primer parada en la cédula de descompresión original para una o dos paradas más profundas que la primer parada original.
4. Ascienda con el nuevo perfil.
5. Alargue las paradas según sea necesario para controlar los síntomas.
6. Una vez en la superficie, transporte al buzo a la cámara más cercana. Si está asintomático, tráteslo con la [Tabla de Tratamiento 5](#). Si está sintomático, tráteslo de acuerdo con las guías dadas en el [Volumen 5, Capítulo 20 \(Figura 20-2\)](#).

18-10.7.2 Buzo Dejando el Agua. Si antes de salir a superficie el buzo señala que tiene enfermedad de descompresión pero siente que no puede mantenerse en el agua:

1. Lleve al buzo a la superficie a una velocidad moderada (no exceda 30 pies/min)
2. Si se tiene una cámara de recompresión en el sitio (ej., dentro de 30 minutos), recomprima al buzo inmediatamente. En el [Capítulo 20](#) se dan guías para la selección y uso de las tablas de tratamiento.
3. Si no se tiene una cámara de recompresión en el sitio, siga las guías de manejo dadas en el [Volumen 5](#).

18-11 DATOS DE REFERENCIA DEL EQUIPO DE BUCEO MK 16 MOD 1

La [Figura 18-4](#) señala las capacidades y requerimientos logísticos del sistema de buceo con mezcla de gases UBA MK 16 MOD 1. Los requerimientos mínimos de equipo para la fase de alberca de los buceos realizados en las escuelas de buceo de la Marina y comandos RTD&E MK 16 MOD 1 pueden modificarse como sea necesario. Cualquier modificación a los equipos mínimos requeridos listados aquí, deben anotarse en las guías de lecciones de entrenamiento aprobadas o SOPs.

<p>Características Generales del UBA MK 16 MOD 1</p> <p>Principio de Operación:</p> <p>Sistema autónomo de circuito cerrado con ppO₂ constante</p> <p>Equipo Mínimo:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Un Salvavidas o Compensador de Flotabilidad. Cuando se usa un Compensador de Flotabilidad, se requiere una Máscara de cara completa2. Navaja de Buceo3. Aletas4. Visor o Máscara5. Cinturón de Lastre (como se requiera)6. Reloj de Buceo o Cronómetro de Buceo/Profundímetro (como se requiera) <p>Aplicaciones Principales:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Operaciones EOD2. Búsqueda e Inspección3. Reparaciones ligeras y recuperación <p>Ventajas:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Burbujas en superficie mínimas2. Eficiencia óptima del suministro de gas3. Portabilidad4. Excelente movilidad5. Comunicación (cuando se usa con máscara)6. Ensamble modularizado7. Baja firma magnética8. Baja firma acústica	<p>Desventajas:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Requerimiento de descompresión extenso para tiempos de fondo largos o buceos profundos2. Protección física y térmica limitada3. Sin comunicación por voz (a menos que se use máscara)4. Extensos procedimientos previos y posteriores al buceo <p>Restricciones:</p> <p>Límite de trabajo 150 pies, diluyente N₂O₂ (Aire); 300 pies, diluyente He O₂</p> <p>Consideraciones Operacionales:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Equipo de buceo (Tabla 18-2)2. Bote(s) de seguridad requerido3. Debe utilizarse la cedula de descompresión MK 16 MOD 1
--	--

Figura 18-4. Características Generales del UBA MK 16 MOD 1.

**HOJA DE TRABAJO DE BUCEOS REPETITIVOS
PARA BUCEOS CON MK 16 MOD 1 N₂O₂**

Parte 1. Buceo Previo: _____ minutos

_____ pies

_____ designación de grupo repetitivo de la [Tabla 18-9](#).
NO están autorizados buceos repetitivos después
de un buceo N₂O₂ con descompresión

Parte 2. Intervalo en Superficie:

Entre a la sección alta de la [Tabla 18-10](#) en la fila para la designación del grupo repetitivo de la Parte 1 y mueva horizontalmente a la columna en la cual está el intervalo en superficie real o planeado. Lea la designación del grupo repetitivo final en el fondo de esta columna.

_____ horas _____ minutos en la superficie
_____ grupo repetitivo final de la [Tabla 18-10](#)

Parte 3. Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo para el Buceo Repetitivo:

Entre a la sección del fondo de la [Tabla 18-10](#) en la fila de profundidad máxima buceo repetitivo planeado. Mueva horizontalmente a la columna de designación del grupo repetitivo final de la Parte 2 para encontrar el Tiempo de Nitrógeno Residual (TNR). Añada este TNR al tiempo de fondo planeado del buceo repetitivo para obtener el tiempo equivalente de buceo sencillo.

_____ minutos: TNR
+ _____ minutos: tiempo de fondo planeado
= _____ minutos: tiempo equivalente de buceo sencillo

Parte 4. Cédula de Descompresión para el Buceo Repetitivo:

Localice la fila para la profundidad del buceo repetitivo planeado en la [Tabla 18-9](#). Muévase horizontalmente a la columna con el tiempo de fondo igual o justo mayor que el tiempo equivalente de buceo sencillo ylea el grupo repetitivo en superficie para el buceo repetitivo en lo alto de la columna. Si el tiempo equivalente de buceo sencillo excede el límite de no-descompresión, localice la fila para la profundidad y tiempo equivalente de buceo sencillo en la [Tabla 18-11](#). Lea las paradas de descompresión requeridas y grupo repetitivo en superficie de las columnas a la derecha a lo largo de esta fila.

_____ minutos: tiempo equivalente de buceo sencillo
de la Parte 3
_____ pies: profundidad del buceo repetitivo
_____ Cédula (profundidad/tiempo de fondo) de la [Tabla 18-9](#) o [Tabla 18-11](#).

Figura 18-5. Hoja de Trabajo para Buceos con MK 16 MOD 1 N₂O₂

Tabla 18-9. Límites de No-Descompresión y Designación de Grupo Repetitivo para Buceos de No-descompresión con MK 16 MOD 1 N₂O₂. Velocidades: Descenso 60 pies/min, Ascenso 30 pies /min.

DESIGNACIÓN DE GRUPO REPETITIVO TIEMPO DE FONDO (MIN)																	
Profundidad (pam)	Limite de No- Paradas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z
20 ¹	240	153	240														
30 ¹	240	31	50	72	98	128	164	210	240								
40 ¹	240	88	168	240													
50 ¹	240	27	44	63	84	108	136	169	210	240							
60 ¹	240	16	25	36	46	58	70	83	97	113	130	149	170	194	222	240	
70	130	11	18	25	32	39	47	55	64	73	83	93	103	115	127	130	
80	70	9	14	19	24	30	36	42	48	54	61	68	70				
90	50	7	11	15	20	24	29	33	38	43	48	50					
100	39	6	9	13	16	20	24	28	32	36	39						
110	32	5	8	11	14	17	20	24	27	30	32						
120	27	4	7	9	12	15	18	20	23	26	27						
130	23	3	6	8	11	13	16	18	21	23							
140	21	3	5	7	9	12	14	16	18	21							
150	17	3	5	6	8	10	12	15	17								
Exposición Excepcional		-----															
160	15	3	4	6	8	9	11	13	15								
170	13	3	4	5	7	9	10	12	13								
180	12		3	5	6	8	9	11	12								
190	10		3	4	6	7	9	10									

Nota 1: Debido a la preocupación de toxicidad pulmonar por O₂, los límites de no descompresión para estas profundidades está limitado a 240 minutos.

Tabla 18-10. Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos con MK 16 MOD 1 N_2O_2 .
Todos los tiempos en horas: minutos

A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 2:20
B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 1:17 1:16 3:36	
C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:56 2:12 0:55 2:11 4:31	
D	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:53 1:48 3:04 0:52 1:47 3:03 5:23		
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:53 1:45 2:40 3:56 0:52 1:44 2:39 3:55 6:15			
F	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:53 1:45 2:38 3:32 4:49 0:52 1:44 2:37 3:31 4:48 7:08			
G	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:53 1:45 2:38 3:30 4:24 5:41 0:52 1:44 2:37 3:29 4:23 5:40 8:00							
H	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:17 6:33 0:52 1:44 2:37 3:29 4:21 5:16 6:32 8:52								
I	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:09 7:25 0:52 1:44 2:37 3:29 4:21 5:13 6:08 7:24 9:44									
J	—	—	—	—	—	—	0:00 0:53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 7:01 8:17 0:52 1:44 2:37 3:29 4:21 5:13 6:06 7:00 8:16 10:36										
K	—	—	—	—	—	0:00 0:53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 6:59 7:53 9:10 0:52 1:44 2:37 3:29 4:21 5:13 6:06 6:58 7:52 9:09 11:29											
L	—	—	—	—	0:00 0:53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 6:59 7:51 8:45 10:02 0:52 1:44 2:37 3:29 4:21 5:13 6:06 6:58 7:50 8:44 10:01 12:21												
M	—	—	—	0:00 0:53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 6:59 7:51 8:43 9:38 10:54 0:52 1:44 2:37 3:29 4:21 5:13 6:06 6:58 7:50 8:42 9:37 10:53 13:13													
N	—	—	0:00 0:53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 6:59 7:51 8:43 9:35 10:30 11:46 0:52 1:44 2:37 3:29 4:21 5:13 6:06 6:58 7:50 8:42 9:34 10:29 11:45 14:05														
O	—	0:00 0:53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 6:59 7:51 8:43 9:35 10:28 11:22 12:38 0:52 1:44 2:37 3:29 4:21 5:13 6:06 6:58 7:50 8:42 9:34 10:27 11:21 12:37 14:58															
Z	0:00 0:53 1:45 2:38 3:30 4:22 5:14 6:07 6:59 7:51 8:43 9:35 10:28 11:20 12:14 13:31 0:52 1:44 2:37 3:29 4:21 5:13 6:06 6:58 7:50 8:42 9:34 10:27 11:19 12:13 13:30 15:50																

FINAL	Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
TIEMPO DE NITROGENO RESIDUAL (MIN) PARA BUCEO REPETITIVO CON MK 16 MOD 1 N_2O_2																
PROF. (PAM)																
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	240 153
30	—	—	—	—	—	—	—	—	240	210	164	128	98	72	50	31
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	240 168 88
50	—	—	—	—	—	—	—	240	210	169	136	108	84	63	44	27
60	—	240	222	194	170	149	130	113	97	83	70	58	46	36	25	16
70	154	140	127	115	103	93	83	73	64	55	47	39	32	25	18	11
80	107	98	90	82	75	68	61	54	48	42	36	30	24	19	14	9
90	82	76	70	64	59	53	48	43	38	33	29	24	20	15	11	7
100	67	62	57	53	48	44	40	36	32	28	24	20	16	13	9	6
110	56	52	48	45	41	37	34	30	27	24	20	17	14	11	8	5
120	49	45	42	39	35	32	29	26	23	20	18	15	12	9	7	4
130	43	40	37	34	31	29	26	23	21	18	16	13	11	8	6	3
140	38	35	33	30	28	26	23	21	18	16	14	12	9	7	5	3
150	34	32	30	27	25	23	21	19	17	15	12	10	8	6	5	3
160	31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	8	6	4	3
170	28	27	25	23	21	19	17	16	14	12	10	9	7	5	4	3
180	26	24	23	21	19	18	16	14	13	11	9	8	6	5	3	3
190	24	23	21	19	18	16	15	13	12	10	9	7	6	4	3	3

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIV
			80	70	60	50	40	30	20	10		
40	240	1:20							0	0	1:20	C
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	390	1:20							0	0	1:20	
50	240	1:40							0	0	1:40	I
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	390	1:40							0	0	1:40	
60	240	2:00								0	2:00	O
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	297	2:00								0	2:00	
	300	1:20								1	3:00	
	310	1:20								2	4:00	
	320	1:20								3	5:00	
	330	1:20								4	6:00	
	340	1:20								5	7:00	
	350	1:20								6	8:00	
	360	1:20								7	9:00	
	370	1:20								8	10:00	
	380	1:20								9	11:00	
	390	1:20								10	12:00	

NOTA 1: Debido a la preocupación por la toxicidad pulmonar por O₂, los límites de no-descompresión para estas profundidades está limitado a 240 minutos.

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂
VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
70	130	2:20							0	0	2:20	O
	140	1:40							3	0	5:20	O
	150	1:40							6	0	8:20	O
	160	1:40							8	0	10:20	Z
	170	1:40							10	0	12:20	Z
	180	1:40							12	0	14:20	Z
	190	1:40							14	0	16:20	Z
	200	1:40							16	0	18:20	Z
	210	1:40							19	0	21:20	Z
	220	1:40							22	0	24:20	Z
	230	1:40							24	0	26:20	Z
	240	1:40							26	0	28:20	Z
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	250	1:40							29	0	31:20	
	260	1:40							31	0	33:20	
	270	1:40							33	0	35:20	
	280	1:40							35	0	37:20	
	290	1:40							36	0	38:20	
	300	1:40							38	0	40:20	
	310	1:40							40	0	42:20	
	320	1:40							42	0	44:20	
	330	1:40							44	0	46:20	
	340	1:40							46	0	48:20	
	350	1:40							49	0	51:20	

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
80	70	2:40							0	0	2:40	L
	75	2:00							2	0	4:40	L
	80	2:00							3	0	5:40	M
	85	2:00							5	0	7:40	M
	90	2:00							6	0	8:40	N
	95	2:00							7	0	9:40	N
	100	2:00							8	0	10:40	N
	110	2:00							12	0	14:40	O
	120	2:00							16	0	18:40	O
	130	2:00							20	0	22:40	Z
	140	2:00							24	0	26:40	Z
	150	2:00							27	0	29:40	Z
	160	2:00							30	0	32:40	Z
	170	2:00							34	0	36:40	Z
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	180	2:00							39	0	41:40	
	190	2:00							43	0	45:40	
	200	2:00							47	0	49:40	
	210	2:00							50	0	52:40	
	220	2:00							54	0	56:40	
	230	2:00							57	0	59:40	
	240	2:00							60	0	62:40	
	250	2:00							63	0	65:40	
	260	2:00							66	0	68:40	
	270	2:00							70	0	72:40	
	280	2:00							74	0	76:40	
	290	2:00							77	0	79:40	
	300	2:00							81	0	83:40	
	310	2:00							84	0	86:40	
	320	2:00							87	0	89:40	

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂
VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
90	50	3:00							0	0	3:00	K
	55	2:20							3	0	6:00	K
	60	2:20							6	0	9:00	L
	65	2:20							8	0	11:00	L
	70	2:20							10	0	13:00	M
	75	2:20							13	0	16:00	M
	80	2:20							14	0	17:00	N
	85	2:20							16	0	19:00	N
	90	2:20							18	0	21:00	O
	95	2:20							21	0	24:00	O
	100	2:20							24	0	27:00	O
	110	2:20							30	0	33:00	O
	120	2:20							35	0	38:00	Z
	130	2:20							40	0	43:00	Z
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
100	140	2:20							45	0	48:00	
	150	2:20							51	0	54:00	
	160	2:20							57	0	60:00	
	170	2:00						1	61	0	65:00	
	180	2:00						2	65	0	70:00	
	190	2:00						2	70	0	75:00	
	30	3:20							0	0	3:20	J
	40	2:40							1	0	4:20	J
	45	2:40							5	0	8:20	K
	50	2:40							9	0	12:20	L
	55	2:40							12	0	15:20	L
	60	2:40							15	0	18:20	M
	65	2:40							18	0	21:20	M
	70	2:40							21	0	24:20	N
	75	2:40							23	0	26:20	N
	80	2:40							26	0	29:20	O
	85	2:40							30	0	33:20	O
	90	2:40							34	0	37:20	O
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	95	2:20						1	37	0	41:20	
	100	2:20						3	38	0	44:20	
	110	2:20						6	42	0	51:20	
	120	2:20						8	46	0	57:20	

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
110	32	3:40							0	0	3:40	J
	35	3:00							3	0	6:40	J
	40	3:00							8	0	11:40	K
	45	3:00							13	0	16:40	L
	50	3:00							17	0	20:40	L
	55	3:00							21	0	24:40	M
	60	3:00							25	0	28:40	M
	65	3:00							28	0	31:40	N
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
120	70	2:40							1	30	0	34:40
	75	2:40							4	32	0	39:40
	80	2:40						7	34	0	44:40	
	85	2:40						9	36	0	48:40	
	90	2:40						11	39	0	53:40	
	95	2:40						13	41	0	57:40	
	100	2:40						15	43	0	61:40	
	110	2:20					3	15	49	0	70:40	
	120	2:20					6	15	56	0	80:40	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
120	27	4:00							0	0	4:00	I
	30	3:20							4	0	8:00	J
	35	3:20							10	0	14:00	K
	40	3:20							16	0	20:00	L
	45	3:20							21	0	25:00	L
	50	3:20							26	0	30:00	M
	55	3:20							30	0	34:00	M
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----											
	60	3:00							4	30	0	38:00
	65	3:00							8	30	0	42:00
	70	3:00							12	32	0	48:00
	75	3:00							15	35	0	54:00
	80	2:40					3	15	37	0	59:00	
	85	2:40					5	15	41	0	65:00	
	90	2:40					8	15	43	0	70:00	
	95	2:40					10	15	46	0	75:00	
	100	2:40					12	15	50	0	81:00	

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂
VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
130	23	4:20							0	0	4:20	I
	25	3:40							2	0	6:20	J
	30	3:40							10	0	14:20	K
	35	3:40							17	0	21:20	K
	40	3:40							23	0	27:20	L
	45	3:40							29	0	33:20	M
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
140	50	3:20							4	30	0	38:20
	55	3:20							9	30	0	43:20
	60	3:20							14	29	0	47:20
	65	3:00						3	15	33	0	55:20
	70	3:00						7	15	36	0	62:20
	75	3:00						11	14	39	0	68:20
	80	3:00						14	14	42	0	74:20
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
140	21	4:40							0	0	4:40	I
	25	4:00							7	0	11:40	J
	30	4:00							15	0	19:40	K
	35	4:00							23	0	27:40	L
	40	3:40							2	28	0	34:40
	45	3:40							7	30	0	41:40
	50	3:20						1	12	29	0	46:40
	55	3:20						4	14	30	0	52:40
	60	3:20						9	14	33	0	60:40
	65	3:20						13	15	36	0	68:40
	70	3:00						3	14	39	0	75:40
	75	3:00						6	15	44	0	84:40
	80	3:00						10	15	50	0	93:40

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
150	17	5:00							0	0	5:00	H
	20	4:20							3	0	8:00	I
	25	4:20							13	0	18:00	J
	30	4:20							22	0	27:00	K
	35	4:00						3	27	0	35:00	L
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
160	40	4:00						8	29	0	42:00	
	45	3:40						3	12	29	0	49:00
	50	3:40						7	14	30	0	56:00
	55	3:20				2	10	15	33	0	65:00	
	60	3:20				4	14	15	36	0	74:00	
	70	3:20				13	14	15	46	0	93:00	
	80	3:00			6	15	15	14	59	0	114:00	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
170	15	5:20							0	0	5:20	H
	20	4:40							7	0	12:20	J
	25	4:20						1	17	0	23:20	K
	30	4:20						3	24	0	32:20	L
	35	4:00						1	7	28	0	41:20
	40	4:00						5	10	30	0	50:20
	45	3:40				2	7	13	29	0	57:20	
	50	3:40				5	10	15	32	0	67:20	
	55	3:20			1	7	13	15	36	0	77:20	
	60	3:20			3	10	14	15	41	0	88:20	
	80	3:00		2	15	15	14	15	68	0	134:20	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂
VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
180	12	6:00							0	0	6:00	H
	15	5:20							4	0	10:00	I
	20	5:00						2	14	0	22:00	K
	25	4:40					3	3	22	0	34:00	L
	30	4:20				2	3	7	27	0	45:00	
	35	4:00			1	3	7	9	30	0	56:00	
	40	4:00			2	7	7	14	30	0	66:00	
	45	4:00			6	7	11	14	35	0	79:00	
	50	3:40		2	7	8	15	14	40	0	92:00	
	55	3:40		5	7	13	14	15	48	0	108:00	
	60	3:20	1	7	9	14	15	15	56	0	123:00	
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----											
190	10	6:20							0	0	6:20	G
	15	5:40							6	0	12:20	J
	20	5:00					1	4	15	0	26:20	K
	25	4:40				2	3	4	24	0	39:20	
	30	4:20			1	4	5	7	28	0	51:20	
	35	4:20			4	5	7	11	29	0	62:20	
	40	4:00		2	5	7	8	15	34	0	77:20	
	45	4:00		4	7	8	13	14	39	0	91:20	
	50	3:40	1	7	7	10	15	15	47	0	108:20	
	55	3:40	4	7	8	14	15	15	56	0	125:20	
	60	3:40	7	7	12	15	14	15	65	0	141:20	

**HOJA DE TRABAJO DE BUCEOS REPETITIVOS
PARA BUCEOS CON MK 16 MOD 1 HeO₂**

Parte 1. Buceo Previo: _____ minutos

_____ pies

_____ designación de grupo repetitivo de la [Tabla 18-12](#) si el buceo fue de no-descompresión, o de la [Tabla 18-14](#) si fue un buceo con descompresión.

Parte 2. Intervalo en Superficie:

Entre a la sección alta de la [Tabla 18-13](#) en la fila para la designación del grupo repetitivo de la Parte 1 y mueva horizontalmente a la derecha a la columna en la cual está el intervalo en superficie igual o justo mayor que el real o planeado. Lea la designación del grupo repetitivo en el fondo de esta columna.

_____ horas _____ minutos en la superficie
_____ grupo repetitivo final de la [Tabla 18-13](#)

Parte 3. Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo para el Buceo Repetitivo:

Entre a la sección del fondo de la [Tabla 18-13](#) en la fila de profundidad máxima del buceo repetitivo planeado. Mueva horizontalmente a la derecha a la columna de designación del grupo repetitivo final de la Parte 2 para encontrar el Tiempo de Gas Residual (TGR). Añada este TGR al tiempo de fondo planeado del buceo repetitivo para obtener el tiempo equivalente de buceo sencillo.

_____ minutos: TGR
+ _____ minutos: tiempo de fondo planeado
= _____ minutos: tiempo equivalente de buceo sencillo

Parte 4. Cédula de Descompresión para el Buceo Repetitivo:

Localice la fila para la profundidad del buceo repetitivo planeado en la [Tabla 18-12](#). Muévase horizontalmente a la derecha a la columna con el tiempo de fondo igual o justo mayor que el tiempo equivalente de buceo sencillo y lea el grupo repetitivo en superficie para el buceo repetitivo en lo alto de la columna. Si el tiempo equivalente de buceo sencillo excede el límite de no-descompresión, localice la fila para la profundidad y tiempo equivalente de buceo sencillo en la [Tabla 18-14](#). Lea las paradas de descompresión requeridas y grupo repetitivo en superficie de las columnas a la derecha a lo largo de esta fila.

_____ minutos: tiempo equivalente de buceo sencillo
de la Parte 3
_____ pies: profundidad del buceo repetitivo
_____ Cédula (profundidad/tiempo de fondo) de la [Tabla 18-14](#) si es un buceo con descompresión.

Figura 18-5. Hoja de Trabajo para Buceos con MK 16 MOD 1 HeO₂

Tabla 18-12. Límites de No-Descompresión y Designación de Grupo Repetitivo para Buceos de No-descompresión con MK 16 MOD 1 HeO₂. Velocidades: Descenso 60 pies/min, Ascenso 30 pies /min.

DESIGNACIÓN DE GRUPO REPETITIVO TIEMPO DE FONDO (MIN)

Profundidad (pam)	Límite de No- Paradas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z
20 ¹	240	129	240														
30 ¹	240	27	43	60	78	100	124	152	185	227	240						
40 ¹	240	122	240														
50 ¹	240	27	43	59	78	99	123	150	183	223	240						
60	134	15	23	32	41	51	61	71	83	95	108	123	134				
70	86	11	16	22	28	34	41	47	54	61	69	77	85	86			
80	63	8	12	17	21	26	30	35	40	45	51	56	62	63			
90	44	6	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44					
100	31	5	8	11	14	17	20	23	26	30	31						
110	24	4	7	9	12	14	17	20	22	24							
120	20	4	6	8	10	13	15	17	19	20							
130	17	3	5	7	9	11	13	15	17								
140	15	3	4	6	8	10	12	13	15								
150	13	3	4	6	7	9	10	12	13								
160	12		3	5	6	8	9	11	12								
170	11		3	4	6	7	9	10	11								
180	10		3	4	5	6	8	9	10								
190	9		3	4	5	6	7	8	9								
200	8			3	4	5	7	8									

Nota 1: Debido a la preocupación de toxicidad pulmonar por O₂, los límites de no descompresión para estas profundidades está limitado a 240 minutos.

Tabla 18-13. Tabla de Crédito de Intervalo en Superficie y Tiempo de Gas Residual para MK 16 MOD 1 HeO₂.

A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 2:01	
B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 1:11 1:10 3:11	
C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:51 2:01 0:50 2:00 4:01	
D	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:43 1:33 2:44 0:42 1:32 2:43 4:44	
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 1:26 2:16 3:26 0:42 1:25 2:15 3:25 5:26	
F	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:43 1:26 2:08 2:58 4:09 0:42 1:25 2:07 2:57 4:08 6:08	
G	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:43 1:26 2:08 2:50 3:40 0:42 1:25 2:07 2:49 3:39 4:50 6:51	
H	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:43 1:26 2:08 2:50 3:33 0:42 1:25 2:07 2:49 3:32 4:22 5:32 7:33	
I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:43 1:26 2:08 2:50 3:33 0:42 1:25 2:07 2:49 3:32 4:14 5:04 6:15 8:15	
J	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:43 1:26 2:08 2:50 3:33 0:42 1:25 2:07 2:49 3:32 4:14 4:56 5:46 6:57 8:58	
K	—	—	—	—	—	—	0:00 0:42	0:43 1:25	1:26 2:07	2:08 2:49	2:50 3:32	3:33 4:14	4:15 4:56	4:57 5:39	5:40 6:29	6:30 7:39	7:40 9:40	
L	—	—	—	—	—	—	0:00 0:42	0:43 1:25	1:26 2:07	2:08 2:49	2:50 3:32	3:33 4:14	4:15 4:56	4:57 5:39	5:40 6:21	6:22 7:11	7:12 8:22	8:23 10:22
M	—	—	—	—	0:00 0:42	0:43 1:25	1:26 2:07	2:08 2:49	2:50 3:32	3:33 4:14	4:15 4:56	4:57 5:39	5:40 6:21	6:22 7:03	7:04 7:53	7:54 9:04	9:05 11:05	
N	—	—	—	—	0:00 0:42	0:43 1:25	1:26 2:07	2:08 2:49	2:50 3:32	3:33 4:14	4:15 4:56	4:57 5:39	5:40 6:21	6:22 7:03	7:04 7:46	7:47 8:36	8:37 9:46	9:47 11:47
O	—	0:00 0:42	0:43 1:25	1:26 2:07	2:08 2:49	2:50 3:32	3:33 4:14	4:15 4:56	4:57 5:39	5:40 6:21	6:22 7:03	7:04 7:46	7:47 8:28	8:29 9:18	9:19 10:29	10:30 12:29		
Z	0:00 0:42	0:43 1:25	1:26 2:07	2:08 2:49	2:50 3:32	4:33 4:14	4:15 4:56	4:57 5:39	5:40 6:21	6:22 7:03	7:04 7:46	7:47 8:28	8:29 9:10	9:11 10:00	10:11 11:11	11:12 13:12		

FINAL Z O N M L K J I H G F E D C B A

PROF. (PAM)	TIEMPO DE NITROGENO RESIDUAL (MIN) PARA BUCEO REPETITIVO CON MK 16 MOD 1 HeO ₂																	
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	240	129
30	—	—	—	—	—	—	240	227	185	150	124	100	78	60	43	27		
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	240	122
50	—	—	—	—	—	—	240	223	183	150	123	99	78	59	43	27		
60	220	195	174	155	138	123	108	95	83	71	61	51	41	32	23	15		
70	123	112	103	94	85	77	69	61	54	47	41	34	28	22	16	11		
80	86	80	74	67	62	56	51	45	40	35	30	26	21	17	12	8		
90	67	62	57	53	48	44	40	36	32	28	24	20	17	13	10	6		
100	54	51	47	43	40	36	33	30	26	23	20	17	14	11	8	5		
110	46	43	40	37	34	31	28	25	22	20	17	14	12	9	7	4		
120	40	37	34	32	29	27	24	22	19	17	15	13	10	8	6	4		
130	35	32	30	28	26	24	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3		
140	31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	12	10	8	6	4	3		
150	28	26	24	22	21	19	17	15	14	12	10	9	7	6	4	3		
160	25	24	22	20	19	17	16	14	12	11	9	8	6	5	3	3		
170	23	22	20	19	17	16	14	13	11	10	9	7	6	4	3	3		
180	21	20	19	17	16	14	13	12	10	9	8	6	5	4	3	3		
190	20	18	17	16	15	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3		
200	18	17	16	15	13	12	11	10	9	8	7	5	4	3	3	3		

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂
VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER FONDO (min.)	TIEMPO A PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO	
			170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20		
40	238	1:20															0	0	1:20	B
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
	720	1:20															0	0	1:20	C
50	238	1:40															0	0	1:40	J
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
	325	1:40															0	0	1:40	K
	330	1:00															1	0	2:40	K
	340	1:00															2	0	3:40	K
	350	1:00															3	0	4:40	K
	360	1:00															4	0	5:40	K
60	134	2:00															0	0	2:00	L
	140	1:20															3	0	5:00	L
	150	1:20															8	0	10:00	L
	160	1:20															12	0	14:00	L
	170	1:20															16	0	18:00	L
	180	1:20															20	0	22:00	K
	190	1:20															24	0	26:00	K
	200	1:20															27	0	29:00	K
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
	210	1:20															31	0	33:00	K
	220	1:20															34	0	36:00	K
	230	1:20															37	0	39:00	J
	240	1:20															39	0	41:00	J
	250	1:20															42	0	44:00	J
	260	1:20															45	0	47:00	J
	270	1:20															47	0	49:00	J
	280	1:20															49	0	51:00	J
	290	1:20															51	0	53:00	J
	300	1:20															53	0	55:00	J
	310	1:20															55	0	57:00	J
	320	1:20															57	0	59:00	I
	330	1:20															59	0	61:00	I
	340	1:20															61	0	63:00	I
	350	1:20															64	0	66:00	I
	360	1:20															66	0	68:00	I

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO	
			170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20		
70	86	2:20															0	0	2:20	M
	90	1:40															3	0	5:20	M
	95	1:40															7	0	9:20	L
	100	1:40															12	0	14:20	L
	110	1:40															19	0	21:20	L
	120	1:40															26	0	28:20	L
	130	1:40															33	0	35:20	K
	140	1:40															39	0	41:20	K
	150	1:40															45	0	47:20	K
	160	1:40															50	0	52:20	K
	170	1:40															55	0	57:20	J
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
80	180	1:40															60	0	62:20	J
	190	1:40															64	0	66:20	J
	200	1:40															68	0	70:20	J
	210	1:40															72	0	74:20	J
	220	1:40															76	0	78:20	I
	63	2:40															0	0	2:40	M
	65	2:00															2	0	4:40	M
	70	2:00															8	0	10:40	L
	75	2:00															13	0	15:40	L
	80	2:00															19	0	21:40	L
	85	2:00															24	0	26:40	L
	90	2:00															29	0	31:40	L
	95	2:00															34	0	36:40	L
	100	2:00															39	0	41:40	K
	110	2:00															47	0	49:40	K
	120	2:00															56	0	58:40	K
	130	2:00															63	0	65:40	K
	140	2:00															70	0	72:40	J
	150	2:00															76	0	78:40	J
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
	160	2:00															82	0	84:40	J
	170	2:00															88	0	90:40	J
	180	2:00															93	0	95:40	I
	190	2:00															98	0	100:40	I

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER PARADA (min.)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO			
		170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20				
90	44	3:00															0	0	3:00	K	
	45	2:20															1	0	4:00	K	
	50	2:20															2	0	5:00	L	
	55	2:20															7	0	10:00	M	
	60	2:20															15	0	18:00	L	
	65	2:20															22	0	25:00	L	
	70	2:20															29	0	32:00	L	
	75	2:20															35	0	38:00	L	
	80	2:20															41	0	44:00	L	
	85	2:20															47	0	50:00	K	
	90	2:20															53	0	56:00	K	
	95	2:20															58	0	61:00	K	
	100	2:20															63	0	66:00	K	
	110	2:20															73	0	76:00	J	
	120	2:20															82	0	85:00	J	
	130	2:20															90	0	93:00	J	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																					
	140	2:20															97	0	100:00	J	
	150	2:20															104	0	107:00	J	
	160	2:20															112	0	115:00	I	
100	31	3:20															0	0	3:20	J	
	35	2:40															2	0	5:20	K	
	40	2:40															4	0	7:20	L	
	45	2:40															6	0	9:20	M	
	50	2:40															16	0	19:20	L	
	55	2:40															24	0	27:20	L	
	60	2:40															33	0	36:20	L	
	65	2:40															40	0	43:20	L	
	70	2:40															48	0	51:20	K	
	75	2:40															55	0	58:20	K	
	80	2:40															62	0	65:20	K	
	85	2:40															68	0	71:20	K	
	90	2:40															74	0	77:20	K	
	95	2:40															80	0	83:20	J	
	100	2:40															85	0	88:20	J	
	110	2:40															96	0	99:20	J	
	120	2:40															105	0	108:20	J	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																					
	130	2:20															1	114	0	118:20	I
	140	2:20															1	123	0	127:20	I

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO PARADA (min.)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO			
		170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10			
110	24	3:40														0	0	3:40	I		
	25	3:00														1	0	4:40	I		
	30	3:00														4	0	7:40	J		
	35	3:00														7	0	10:40	L		
	40	3:00														10	0	13:40	M		
	45	3:00														21	0	24:40	L		
	50	3:00														31	0	34:40	L		
	55	3:00														40	0	43:40	L		
	60	2:40														1	49	0	53:40	K	
	65	2:40														2	56	0	61:40	K	
	70	2:40														3	63	0	69:40	K	
	75	2:40														4	70	0	77:40	K	
	80	2:40														5	77	0	85:40	J	
	85	2:40														5	83	0	91:40	J	
	90	2:40														6	89	0	98:40	J	
	95	2:40														6	95	0	104:40	J	
	100	2:40														6	101	0	110:40	J	
	110	2:40														7	111	0	121:40	J	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																					
	120	2:40														7	123	0	133:40		
	130	2:40														7	136	0	146:40		
	140	2:40														1	7	148	0	159:40	
120	20	4:00														0	0	4:00	I		
	25	3:20														4	0	8:00	J		
	30	3:20														8	0	12:00	K		
	35	3:20														12	0	16:00	M		
	40	3:20														23	0	27:00	L		
	45	3:00														2	33	0	39:00	L	
	50	3:00														4	43	0	51:00	L	
	55	3:00														6	51	0	61:00	K	
	60	3:00														7	60	0	71:00	K	
	65	2:40														1	7	68	0	80:00	K
	70	2:40														2	7	76	0	89:00	K
	75	2:40														3	7	83	0	97:00	J
	80	2:40														4	7	90	0	105:00	J
	85	2:40														5	7	97	0	113:00	J
	90	2:40														5	7	103	0	119:00	J
	95	2:40														6	7	109	0	126:00	J
	100	2:40														6	7	116	0	133:00	Z
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																					
	110	2:40														6	7	130	0	147:00	
	120	2:40														7	7	145	0	163:00	

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER PARADA (min.)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO	
		170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20		
130	17	4:20															0	0	4:20 H
	20	3:40															3	0	7:20 I
	25	3:40															8	0	12:20 K
	30	3:40															13	0	17:20 L
	35	3:20															2	21	0 27:20 L
	40	3:20															5	32	0 41:20 L
	45	3:00															1	7	42 0 54:20 L
	50	3:00															3	7	53 0 67:20 K
	55	3:00															5	7	62 0 78:20 K
	60	3:00															6	7	71 0 88:20 K
	65	2:40															1	7	7 80 0 99:20 J
	70	2:40															2	7	7 88 0 108:20 J
	75	2:40															3	7	7 96 0 117:20 J
	80	2:40															3	7	7 104 0 125:20 J
	85	2:40															4	7	7 111 0 133:20 J
	90	2:40															5	7	7 118 0 141:20 Z
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			
	95	2:40															5	7	7 126 0 149:20
	100	2:40															5	8	7 135 0 159:20
	110	2:40															6	7	7 151 0 175:20
	120	2:40															7	7	8 158 0 194:20
140	15	4:40															0	0	4:40 H
	20	4:00															7	0	11:40 J
	25	4:00															12	0	16:40 K
	30	3:40															2	16	0 22:40 M
	35	3:40															7	28	0 39:40 L
	40	3:20															3	7	41 0 55:40 L
	45	3:20															6	7	52 0 69:40 K
	50	3:00															1	7	7 63 0 82:40 K
	55	3:00															3	7	7 74 0 95:40 K
	60	3:00															5	7	7 83 0 106:40 J
	65	3:00															7	7	7 92 0 117:40 J
	70	2:40															1	7	7 7 101 0 127:40 J
	75	2:40															2	7	7 7 109 0 136:40 J
	80	2:40															3	7	7 7 117 0 145:40 Z
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			
	85	2:40															3	8	7 7 126 0 155:40
	90	2:40															4	7	7 7 137 0 166:40
	95	2:40															5	7	7 7 146 0 176:40
	100	2:40															5	7	7 8 154 0 185:40

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO					
			170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20						
150	13	5:00															0	0	5:00	H				
	15	4:20															3	0	8:00	H				
	20	4:20															10	0	15:00	J				
	25	4:00															2	14	0	21:00	L			
	30	4:00															7	23	0	35:00	L			
	35	3:40															4	7	37	0	53:00	L		
	40	3:20															1	7	7	50	0	70:00	K	
	45	3:20															4	7	7	63	0	86:00	K	
	50	3:20															7	7	7	74	0	100:00	K	
	55	3:00															2	7	7	7	85	0	113:00	J
	60	3:00															4	7	7	7	95	0	125:00	J
	65	3:00															6	7	7	7	104	0	136:00	J
	70	3:00															7	7	7	7	114	0	147:00	I
	75	2:40															1	7	7	7	124	0	158:00	Z
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																								
160	80	2:40															2	7	7	7	135	0	170:00	
	85	2:40															3	7	7	7	146	0	182:00	
	90	2:40															4	7	7	7	155	0	193:00	
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																							
	75	3:00															7	7	8	7	7	141	0	182:20
	80	2:40															1	7	8	7	7	153	0	195:20
	85	2:40															2	7	7	7	16	157	0	208:20
	90	2:40															3	7	7	7	25	161	0	222:20

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER PARADA (min.)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO	
		170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20		
170	11	5:40															0	0	5:40 H
	15	5:00															8	0	13:40 I
	20	4:40														2	15	0	22:40 K
	25	4:20													2	7	22	0	36:40 L
	30	4:00												1	8	7	38	0	59:40 L
	35	4:00												7	7	7	55	0	81:40 K
	40	3:40											4	7	7	7	70	0	100:40 K
	45	3:20										1	7	7	7	7	83	0	117:40 J
	50	3:20									4	7	7	7	7	96	0	133:40 J	
	55	3:20								7	7	7	7	7	108	0	148:40 J		
	60	3:00							2	7	7	7	7	7	119	0	161:40 Z		
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																		
180	65	3:00								4	7	7	7	7	7	134	0	178:40	
	70	3:00								5	7	7	7	7	8	146	0	192:40	
	75	3:00								7	7	7	7	7	11	156	0	207:40	
	80	2:40							1	7	7	7	7	7	22	160	0	223:40	
	10	6:00														0	0	6:00 H	
	15	5:20														11	0	17:00 J	
	20	5:00													6	14	0	26:00 L	
	25	4:40												6	7	29	0	48:00 L	
	30	4:20											6	7	7	47	0	73:00 K	
	35	4:00										4	7	7	7	64	0	95:00 K	
	40	3:40								2	7	7	7	7	79	0	115:00 J		
	45	3:40								6	7	7	7	7	94	0	134:00 J		
	50	3:20							2	7	8	7	7	7	107	0	151:00 J		
	55	3:20							5	7	7	7	7	8	119	0	166:00 Z		
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																		
	60	3:00							1	7	7	7	7	7	7	136	0	185:00	
	65	3:00							3	7	7	7	7	7	7	151	0	202:00	
	70	3:00							5	7	7	7	7	7	16	158	0	220:00	

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO PARADA (min.)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO				
		170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10				
190	9	6:20															0	0	6:20	H		
	10	5:40															2	0	8:20	H		
	15	5:40															14	0	20:20	J		
	20	4:40													1	1	7	16	0	31:20	M	
	25	3:20								1	0	0	0	2	7	7	37	0	60:20	L		
	30	3:00							1	0	0	1	1	7	7	7	56	0	86:20	K		
	35	2:40						1	0	0	1	0	7	7	7	7	74	0	110:20	J		
	40	2:20					1	0	0	0	1	5	7	7	8	7	90	0	132:20	J		
	45	2:20				1	0	0	0	4	7	7	7	7	7	105	0	151:20	J			
	50	2:20			1	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	119	0	168:20	I			
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																					
200	55	2:20						1	0	0	3	7	7	7	7	7	137	0	189:20			
	60	2:20						1	0	0	6	7	7	7	7	7	153	0	208:20			
	65	2:20						1	0	1	7	7	7	7	7	19	159	0	228:20			
	70	2:20						1	0	3	7	7	7	7	7	31	164	0	247:20			
	8	6:40															0	0	6:40	G		
	10	6:00															4	0	10:40	I		
	15	5:20														1	1	14	0	22:40	K	
	20	3:20							1	0	0	1	0	0	4	7	24	0	43:40	L		
	25	2:00				1	0	0	0	1	0	0	0	1	6	7	7	47	0	76:40	K	
	30	1:20	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	7	7	7	7	68	0	105:40	K	
	35	1:20	1	0	1	0	0	0	1	0	0	6	7	7	7	7	87	0	130:40	J		
	40	1:00	1	0	1	0	0	0	1	0	0	4	7	7	7	7	104	0	152:40	J		
	45	1:00	1	0	1	0	0	1	0	0	1	7	8	7	7	7	120	0	173:40	I		
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																					
210	50	1:00	1	0	1	0	0	1	0	0	5	7	7	7	7	7	139	0	195:40			
	55	1:00	1	0	1	0	0	1	0	1	7	7	7	7	7	8	155	0	215:40			
	60	1:00	1	0	1	0	0	1	0	4	7	7	7	7	7	23	160	0	238:40			
	5	7:00															0	0	7:00			
	10	6:00															2	2	0	11:00		
	15	5:00													1	1	3	2	5	0	19:00	
	20	4:40									2	3	2	2	2	2	28	0	46:00			
	25	4:00							1	3	2	2	2	3	1	3	57	0	79:00			
	30	3:40						1	3	2	2	2	3	4	12	76	0	112:00				
	35	3:20					1	2	3	2	2	2	6	11	12	95	0	143:00				
	40	3:20					3	2	2	2	2	5	12	11	11	113	0	170:00				
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																					
	45	3:00						1	3	2	2	3	2	12	11	12	11	130	0	196:00		
	50	3:00						2	2	2	3	2	9	12	11	11	11	148	0	220:00		
	55	3:00						3	2	2	2	6	11	11	11	12	165	0	243:00			
	60	2:40						1	2	3	1	3	10	11	11	11	20	173	0	264:00		

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER PARADA (min.)	TIEMPO A FONDO (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO	
			170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20		
220	5	7:20																0	7:20	
	10	6:00														1	2	2	0	12:20
	15	5:20												2	2	2	3	5	0	21:20
	20	4:40									2	2	2	3	2	2	36	0	56:20	
	25	4:00							1	2	2	2	3	2	2	8	64	0	93:20	
	30	3:40						1	3	2	2	2	3	2	10	11	85	0	128:20	
	35	3:20					1	2	2	3	3	1	2	11	12	12	104	0	160:20	
	40	3:20				2	3	2	2	2	3	11	11	11	11	11	124	0	189:20	
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			
230	45	3:00				1	2	3	2	2	2	10	11	11	11	12	143	0	217:20	
	50	3:00			2	2	2	3	2	7	11	11	11	11	12	162	0	243:20		
	55	3:00			2	3	2	2	4	11	11	11	11	11	19	174	0	268:20		
	5	7:40															0	0	7:40	
	10	6:20													1	3	2	0	13:40	
	15	5:20								1	2	2	2	3	8	0	25:40			
	20	4:40							1	2	2	3	2	2	2	46	0	67:40		
	25	4:20						2	3	2	3	2	2	2	12	71	0	106:40		
	30	3:40				1	2	2	2	3	2	2	6	12	11	93	0	143:40		
	35	3:20			1	2	2	2	3	2	2	7	12	12	12	114	0	178:40		
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			
240	40	3:20				2	2	3	2	2	2	8	11	12	11	11	136	0	209:40	
	45	3:00			1	2	2	3	2	2	7	12	10	11	11	12	157	0	239:40	
	50	3:00			2	2	2	2	3	4	12	11	11	11	16	173	0	267:40		
	55	3:00			2	3	2	3	2	10	11	11	11	11	37	172	0	293:40		
	5	8:00															0	0	8:00	
	10	6:40													2	3	3	0	16:00	
	15	5:40									2	2	2	3	2	16	0	35:00		
	20	5:00							2	3	2	2	2	3	2	54	0	78:00		
	25	4:20						2	2	3	2	2	3	2	7	11	79	0	121:00	
	30	4:00				3	2	2	2	2	3	2	11	12	11	103	0	161:00		
	35	3:40			3	2	2	3	1	3	3	12	11	12	11	126	0	197:00		
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			
	40	3:20				2	2	3	2	2	2	4	12	11	11	11	12	149	0	231:00
	45	3:20			3	3	1	3	2	4	11	11	12	11	11	12	171	0	263:00	
	50	3:20			4	2	2	2	3	11	11	11	11	11	33	173	0	293:00		

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER FONDO (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO			
		170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10			
250	5	8:20															0	0	8:20		
	10	6:40														1	2	2	4	0	17:20
	15	5:40										1	2	2	3	3	1	24	0	44:20	
	20	5:00							2	2	2	2	3	2	3	5	61	0	90:20		
	25	4:20						1	3	2	2	2	2	3	2	12	12	86	0	135:20	
	30	4:00					2	3	2	2	2	2	3	6	12	12	12	111	0	177:20	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																					
260	35	3:40				2	2	3	2	2	2	2	10	11	12	11	11	137	0	215:20	
	40	3:40				4	2	3	2	2	2	11	11	11	11	11	11	163	0	252:20	
	45	3:40				5	3	2	2	2	10	12	11	11	11	11	25	173	0	286:20	
	50	3:40				6	2	2	3	9	11	11	12	10	12	11	47	174	0	318:20	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																					
270	35	4:00																235:40			
	40	4:00																274:40			
	45	4:00																310:40			
	5	8:20															0	10:00			
	10	7:00															0	21:00			
	15	6:00															0	63:00			
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----	20	5:20															0	115:00			
	25	4:40															0	165:00			
	30	4:20															0	212:00			
	35	4:20															0	256:00			
40	40	4:20															0	298:00			
	45	4:20															0	336:00			

Tabla 17-12. Tabla de Descompresión para UBA con Circuito Cerrado y Mezcla de Gases Usando Presión Parcial de Oxígeno Constante de 0.7 ata en Helio (Continúa).
(VELOCIDAD DE DESCENSO 60 PIES/MIN – VELOCIDAD DE ASCENSO 30 PIES/MIN)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	Paradas de Descompresión (pam)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	
			190	180	170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	
300	15	5:40							3	4	3	4	4	4	5	9	9	10	19:22:45:151:00
	20	5:00						4	3	4	4	3	8	9	9	10	9	18	22:22:47:112:294:00
	Exposición Excepcional																		
	25	4:40				4	4	3	6	10	9	9	9	10	15	22	21	22:44:109:113:420:00	
	30	4:20			2	4	7	9	10	9	9	9	13	22	22	22	22:37:101:113:113:529:00		
	35	4:20			5	9	9	9	10	9	10	22	22	22	22	26	93	113:112:113:638:00	
	40	4:00		3	9	9	9	10	9	18	22	22	22	22	22	73	113:112:113:113:733:00		
310	Exposición Excepcional																		
	6	9:00														3	4	4:3:24:20	
	10	7:00									1	4	4	3	4	4	4	7:10:17:68:20	
	15	5:40						2	4	3	4	4	3	4	8	9	9	12:22:21:60:175:20	
	20	5:00			3	3	4	4	4	4	9	10	9	9	11	22	22	21:67:113:325:20	
	25	4:40			3	4	4	4	9	9	9	10	9	9	20	22	22	22:65:113:113:457:20	
	30	4:20		2	4	5	9	9	9	10	9	9	18	22	22	22	22:57:111:113:113:576:20		
	35	4:20		3	9	9	9	10	9	9	17	21	22	22	22	48	103	113:113:113:684:20	
	40	4:00	1	9	9	10	9	9	13	22	21	22	22	22	36	94	112:113:113:113:782:20		
320	Exposición Excepcional															1	4	3:4:4:26:40	
	6	9:00														1	4	3:4:4:26:40	
	10	7:20									3	4	4	3	4	4	4	9:9:20:74:40	
	15	5:40						1	3	4	4	4	3	4	4	9	10:9:16:21:22:75:199:40		
	20	5:00			2	4	3	4	4	4	7	9	9	10	9	16	22	21:25:88:112:359:40	
	25	4:40		3	4	3	4	7	9	10	9	9	9	13	22	22	22:87:113:113:497:40		
	30	4:20	1	4	4	9	9	9	9	10	9	11	21	22	22	22:26:82:113:112:113:618:40			
	35	4:20	3	7	9	10	9	9	9	10	22	22	21	22	22	22:73:113:113:113:112:731:40			
	40	4:20	9	9	9	9	10	9	19	22	22	21	22	22	22	60	107:113:113:113:112:833:40		

Página en blanco intencionalmente

Buceo con UBA de Circuito Cerrado y Oxígeno

19-1 INTRODUCCION

El término *respirador de oxígeno de circuito cerrado* describe un aparato de respiración submarina (UBA) especializado, en el cual el buzo respiro oxígeno al 100% y todos los gases se mantienen dentro del UBA. El uso de oxígeno al 100% previene la acumulación de gas inerte en el buzo y permite que todo el gas llevado por el buzo sea usado para necesidades metabólicas. El gas exhalado es acarreado vía la manguera de exhalación a una cama absorbente de bióxido de carbono, la cual remueve el bióxido de carbono producido por el buzo a través de una reacción química. El oxígeno consumido metabólicamente es remplazado a través de un sistema de adición de oxígeno. Entonces, el gas viaja a la bolsa de respiración, donde está disponible para el buzo otra vez. Los UBAs de circuito cerrado y oxígeno ofrecen ventajas valiosas para la guerra especial, incluyendo operaciones furtivas (sin escape de burbujas) de prolongada duración, y menor peso que el scuba de circuito abierto con aire. Pesando contra estas ventajas están las desventajas del incremento de peligros para el buzo, mayores requerimientos de entrenamiento y mayor costo. Sin embargo, comparado con un UBA de circuito cerrado y mezcla de gases, un UBA de oxígeno ofrece las ventajas de reducir los requerimientos de entrenamiento y mantenimiento, bajo costo y reducción en el tamaño y peso.



Figura 19-1. Buzo con UBA MK-25

19-1.1

Objetivo. Este capítulo proporciona guías generales para operaciones de buceo y procedimientos del MK 25. Para instrucciones detalladas de operación y mantenimiento, vea el Manual de Operación y Mantenimiento del MK 25 MOD 2, SS600-A3-MMO-010/53833 (Marine Corps TM 09603B-14 & P/1).

19-1.2

Alcance. Este capítulo cubre los principios de operación, planeación operacional, procedimientos de buceo y aspectos médicos del buceo con circuito cerrado y oxígeno del UBA MK 25.

19-2 ASPECTOS MÉDICOS DEL BUCEO CON OXÍGENO EN CIRCUITO CERRADO

Los buzos con circuito cerrado y oxígeno están sujetos a muchos de los mismos problemas médicos que los otros buzos. El [Volumen I, Capítulo 3](#) proporciona una cobertura profunda de todas las consideraciones médicas del buceo. En este capítulo solo son tratados los trastornos de buceo que merecen atención especial para el circuito cerrado y oxígeno.

19-2.1

Toxicidad por Oxígeno del Sistema Nervioso Central (SNC). El envenenamiento por alta presión de oxígeno es conocido como toxicidad por oxígeno del SNC. Las presiones

parciales de oxígeno altas están asociadas con muchos cambios bioquímicos en el cerebro, pero que cambios específicos son responsables de los signos y síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC son actualmente desconocidos. La toxicidad por oxígeno del SNC no es probable que ocurra a presiones parciales por debajo de 1.3 ata, aunque una relativamente breve exposición a presiones parciales arriba de esto, cuando ocurre a profundidad o en una cámara presurizada, puede resultar en toxicidad por oxígeno del SNC causando síntomas relacionados al SNC.

19-2.1.1

Causas de Toxicidad por Oxígeno del SNC. Los factores que incrementan la probabilidad de toxicidad por oxígeno del SNC son:

- Presión parcial de oxígeno incrementada. A profundidades menores que 25 pam, un cambio de 5 pam en la profundidad incrementa el riesgo de toxicidad por oxígeno solo ligeramente, pero un incremento similar en la profundidad en el rango de 30 – 50 pam, puede incrementar significativamente la probabilidad de un episodio de toxicidad.
- Tiempo de exposición incrementado
- Inmersión prolongada
- Estrés por ejercicio físico extenuante
- Acumulación de bióxido de carbono. El incremento en el riesgo de toxicidad por oxígeno del SNC puede ocurrir aún antes de que el buzo esté avisado de cualquier síntoma de acumulación de bióxido de carbono.
- Estrés frío resultando en calosfríos o una proporción de ejercicio incrementada conforme el buzo intenta mantenerse caliente.
- Enfermedades sistémicas que incrementan el consumo de oxígeno. Condiciones asociadas con aumento del metabolismo (tal como ciertos trastornos de tiroides o adrenales), tienden a causar un incremento en la sensibilidad al oxígeno. Los buzos con estas enfermedades deben ser excluidos del buceo con oxígeno.

19-2.1.2

Síntomas de Toxicidad por Oxígeno del SNC. En buceo, los efectos más graves de toxicidad por oxígeno son los síntomas del SNC. Estos síntomas pueden no siempre aparecer y la mayoría no son síntomas exclusivos de toxicidad por oxígeno. La aparición de cualquiera de estos síntomas normalmente representa un signo corporal de auxilio de alguna clase y debe ser atendido. Las contracciones son tal vez el aviso más claro de toxicidad por oxígeno, pero pueden ocurrir tarde. El síntoma más grave de toxicidad por oxígeno del SNC son las convulsiones, las cuales pueden ocurrir repentinamente sin ningún síntoma previo, y pueden resultar en ahogamiento o embolismo gaseoso arterial. La nemotecnia VONCIM-C es una ayuda útil para recordar los síntomas más comunes de toxicidad por oxígeno del SNC:

V: Visión. Visión en túnel, una disminución en la visión periférica del buzo, y pueden ocurrir otros síntomas tales como visión borrosa.

O: Oído. Tinnitus (zumbido), es un sonido percibido por los oídos pero no resultante de un estímulo externo. El sonido puede parecerse a timbres de campanas, rugidos o sonidos como de maquinaria pulsando.

N: Nausea o vómito espasmódico. Estos síntomas pueden ser intermitentes.

C: Contracciones o síntomas de hormigueo. Cualquiera de los pequeños músculos faciales, labios o músculos de las extremidades pueden ser afectados. Estos son los síntomas más

claros y frecuentes.

I: Irritabilidad. Cualquier cambio en el estado mental del buzo incluyendo confusión, agitación y ansiedad.

M: Mareo. Los síntomas incluyen torpeza, incoordinación y fatiga inusual.

C: Convulsiones.

Los siguientes factores adicionales deben notarse con respecto a una convulsión por oxígeno:

- El buzo es incapaz de llevar una respiración efectiva durante la convulsión.
- Después de que el buzo es traído a la superficie, habrá un periodo de inconsciencia o deterioro neurológico después de la convulsión; estos síntomas son indistinguibles de los de embolismo gaseoso arterial.
- No se debe intentar insertar ningún objeto entre los dientes trabados de un buzo convulsionando. Aunque un buzo convulsionando puede sufrir una laceración de lengua, este trauma es preferible al trauma que puede ser causado durante la inserción de un objeto extraño. Además, la persona que está proporcionando primeros auxilios puede sufrir una lesión significante en la mano si es mordido por el buzo convulsionando.
- Puede no haber aviso de una convulsión inminente para proporcionar al buzo la oportunidad de retornar a la superficie. Por consiguiente, las líneas de compañeros son esenciales para la seguridad del buceo con oxígeno en circuito cerrado.

19-2.1.3 **Tratamiento de Síntomas No-Convulsivos.** El buzo afectado debe alertar a su compañero de buceo y hacer un ascenso controlado a la superficie. Debe inflarse el salvavidas de la víctima (si es necesario), con el compañero de buceo observándolo estrechamente por el progreso de los síntomas. Aunque un ascenso desde la profundidad bajaría la presión parcial de oxígeno, el buzo puede continuar sufriendo otros o empeorando los síntomas. Los buzos deben notificar al Supervisor de buceo y terminar el buceo.

19-2.1.4 **Tratamiento de Convulsiones Bajo el Agua.** Deben tomarse los siguientes pasos cuando se trata un buzo con convulsiones:

1. Asuma una posición detrás del buzo convulsionando. El cinturón con lastre debe dejarse colocado para prevenir que el buzo quede en una posición boca arriba en la superficie. Quitele a la víctima el cinturón con lastre solamente si impide significativamente el progreso a la superficie.
2. Deje la boquilla de la víctima en su boca. Si esta no está en su boca, no intente recolocarla; sin embargo, si el tiempo lo permite, asegúrese que la boquilla está en la posición SUPERFICIE.
3. Abrace a la víctima alrededor de su pecho sobre el UBA o entre el UBA y su cuerpo. Si se encuentra dificultad para lograr el control de la víctima de esta manera, el rescatador debe usar el mejor método posible para obtener el control. El arnés del UBA puede agarrarse si es necesario.
4. Haga un ascenso controlado a la superficie, manteniendo una ligera presión sobre el pecho del buzo para asistir la exhalación.
5. Si se requiere flotabilidad adicional, active el chaleco salvavidas de la víctima. El rescatador no debe liberar su propio cinturón de lastre o inflar su chaleco salvavidas.

- 6.** Una vez alcanzada la superficie, infle el chaleco salvavidas de la víctima si no lo ha hecho previamente.
- 7.** Quítelle la boquilla a la víctima y cambie la válvula a SUPERFICIE para prevenir la posibilidad de que el equipo se inunde y arrastre a la víctima hacia abajo.
- 8.** Señale por izaje de emergencia.
- 9.** Una vez que ha cedido la convulsión, abra las vías aéreas de la víctima inclinando ligeramente la cabeza hacia atrás.
- 10.** Asegúrese de que la víctima está respirando. Puede ser necesario iniciar respiración boca a boca.
- 11.** Si ocurrió una excursión ascendente durante la convulsión actual, transporte a la cámara más cercana y tenga a la víctima evaluada por un individuo entrenado para reconocer y tratar enfermedades relacionadas con el buceo.

19-2.1.5 Efecto-Apagado. El efecto-apagado, un riesgo asociado con la toxicidad por oxígeno del SNC, puede ocurrir varios minutos después de que el buzo se queda sin gas o experimenta una reducción de la presión parcial de oxígeno. El efecto-apagado es manifestado por la instalación o empeoramiento de síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC. Si este efecto paradójico es verdaderamente causado por la reducción en la presión parcial de oxígeno o si la asociación es coincidente, se desconoce.

19-2.2 Toxicidad Pulmonar por Oxígeno. La toxicidad pulmonar por oxígeno puede resultar de la exposición prolongada a presiones parciales de oxígeno elevadas. Esta forma de toxicidad por oxígeno produce irritación pulmonar con síntomas de dolor torácico, tos y dolor a la inspiración que se desarrolla lentamente incrementándose conforme el nivel elevado de oxígeno es respirado. Aunque el oxígeno hiperbárico puede causar grave daño pulmonar, si la exposición al oxígeno es descontinuada antes de que los síntomas lleguen a ser tan severos, los síntomas se reducirán lentamente. Esta forma de toxicidad por oxígeno generalmente es vista durante los tratamientos de descompresión con oxígeno, buceos de saturación y en exposiciones con oxígeno en el agua largas y a poca profundidad.

19-2.3 Deficiencia de Oxígeno (Hipoxia). La hipoxia es una deficiencia anormal de oxígeno en la sangre arterial, en la cual la presión parcial de oxígeno es demasiado baja para cumplir las necesidades metabólicas del cuerpo. El [Capítulo 3](#) contiene una descripción profunda de este trastorno. Aunque todas las células en el cuerpo necesitan oxígeno, los síntomas iniciales de hipoxia son una manifestación de disfunción del sistema nervioso central.

19-2.3.1 Causas de la Hipoxia con el UBA MK 25. La causa primaria de hipoxia en el UBA MK25 es la purga inadecuada/incorrecta del UBA. El riesgo de hipoxia es mayor si el buzo esta respirando del UBA en superficie. En el MK25, el oxígeno solo es añadido en una base de demanda conforme la bolsa de respiración es vaciada en la inhalación. En la superficie, conforme el buzo consume oxígeno, la fracción de oxígeno en el circuito de respiración empezará a disminuir, como el volumen de gas en la bolsa de respiración. Si hay suficiente nitrógeno en el circuito de respiración para prevenir que la bolsa de respiración sea vaciada, no se añadirá oxígeno y la fracción de oxígeno puede caer a diez por ciento o menos. Una vez que hay suficiente volumen de gas en la bolsa de respiración para inhalación normal, puede ocurrir hipoxia sin aviso. La hipoxia en el descenso o mientras se está buceando es menos probable, porque cuando el buzo desciende se añade oxígeno puro al circuito de respiración para mantener el volumen, lo que incrementa la fracción de oxígeno en el circuito de respiración y la presión parcial de oxígeno.

- 19-2.3.2 **Procedimiento de Purga del UBA MK 25.** El procedimiento de purga detallado en el Manual de Operación y Mantenimiento del MK 25 está diseñado para remover el gas inerte (nitrógeno) de los pulmones del buzo, tanto como sea posible antes del inicio de un buceo y habiendo sido probado completamente. Esto asegura que la fracción de oxígeno en el circuito de respiración es lo suficientemente alta para prevenir la ocurrencia de hipoxia. Los procedimientos de purga deben seguirse estrictamente.
- 19-2.3.3 **Purga Bajo el Agua.** Si el buzo realiza una purga bajo el agua o purga bajo presión, el incremento en la fracción de oxígeno causado por el volumen corregido descrito arriba puede no ocurrir, y el buzo puede ser más susceptible a hipoxia. Por lo tanto, la estricta adherencia a los procedimientos de purga bajo presión prescritos en el manual de operación y mantenimiento, es extremadamente importante.
- 19-2.3.4 **Síntomas de Hipoxia.** La hipoxia puede no tener síntomas de advertencia antes de perder la conciencia. Otros síntomas que pueden aparecer incluyen falta de coordinación, confusión, mareo y convulsiones. Es importante notar que si ocurren síntomas de inconsciencia o convulsiones al inicio de un buceo con oxígeno en circuito cerrado, hipoxia, no toxicidad por oxígeno, es la más probable causa.
- 19-2.3.5 **Tratamiento de la Hipoxia.** El tratamiento para un caso sospechoso de hipoxia consiste de lo siguiente:
- Si el buzo llega a estar inconsciente o incoherente a profundidad, el compañero de buceo debe añadir oxígeno al UBA del buzo afectado.
 - El buzo debe ser traído a la superficie. Remueva la boquilla y permita que el buzo respire aire fresco. Si está inconsciente, verifique la respiración y la circulación, mantenga una vía de aire abierta y administre oxígeno al 100%. Cambie la válvula de la boquilla a la posición SUPERFICIE.
 - Si el buzo sale a superficie en un estado de inconsciencia, transpórtelo a la cámara más cercana y tenga a la víctima evaluada por un individuo entrenado en reconocer y tratar las enfermedades relacionadas al buceo. Si el buzo se recupera totalmente con función neurológica normal, no requerirá tratamiento inmediato por embolismo gaseoso arterial.
- 19-2.4 **Intoxicación por Bióxido de Carbono (Hipercapnia).** La toxicidad por bióxido de carbono, o hipercapnia, es un nivel de bióxido de carbono anormalmente alto en la sangre y tejidos del cuerpo. La hipercapnia generalmente es el resultado de una acumulación de bióxido de carbono en el suministro de respiración o en el cuerpo. La ventilación inadecuada (volumen respiratorio) del buzo o la falla en la canastilla de absorbente de CO₂ para removerlo del gas exhalado causará que ocurra una acumulación.
- 19-2.4.1 **Síntomas de Hipercapnia.** Los síntomas de la hipercapnia son:
- Aumento en la frecuencia y profundidad de la respiración
 - Respiración laboriosa (similar a la vista con ejercicio fuerte)
 - Dolor de cabeza
 - Confusión
 - Inconsciencia

NOTA **Los síntomas son dependientes de la presión parcial de bióxido de carbono, lo cual es un factor de la fracción de bióxido de carbono y de la presión absoluta. Así, se esperaría que los síntomas aumenten conforme la profundidad se incremente.**

Es importante notar que la presencia de una alta presión parcial de oxígeno puede reducir los síntomas tempranos de hipercapnia. Como se mencionó previamente, niveles elevados de bióxido de carbono pueden resultar en un episodio de toxicidad por oxígeno del SNC en un normalmente seguro perfil de buceo.

19-2.4.2 Tratamiento de la Hipercapnia. Para tratar la hipercapnia:

- Incrementar la ventilación si la posible causa es respiración entrecortada.
- Disminuir el nivel de ejercicio.
- Abortar el buceo. Retornar a la superficie y respirar aire.
- Durante el ascenso, mientras mantiene una posición vertical, el buzo debe activar su válvula de interconexión, añadiendo oxígeno fresco a su UBA. Si los síntomas son un resultado de inundación de la canastilla, una posición recta disminuye la posibilidad de que el buzo sufra una lesión química ([párrafo 19-2.5](#)).
- Si ocurre inconsciencia a profundidad, aplican los mismos principios de manejo para convulsiones bajo el agua como se describió en el [párrafo 19-2.1.5](#).

NOTA **Si se sospecha intoxicación por bióxido de carbono, el buceo debe abortarse aún si los síntomas se disipan una vez en superficie. La disminución de los síntomas puede ser el resultado de la disminución en la presión parcial, y en tal caso los síntomas reaparecerán si el buzo retorna a la profundidad.**

19-2.4.3 Prevención de la Hipercapnia. Para minimizar el riesgo de hipercapnia:

- Use solo un absorbente de bióxido de carbono aprobado en la canastilla del UBA.
- Siga el procedimiento prescrito de llenado de la canastilla para asegurar que la canastilla está correctamente empacada con absorbente de bióxido de carbono.
- Pruebe sumergiendo el UBA cuidadosamente antes del buceo. Observe por fugas que puedan resultar en inundación de la canastilla.
- No exceda el límite de duración de la canastilla para la temperatura del agua.
- Asegúrese que las válvulas de un solo paso en las mangüeras de suministro y escape están instaladas y trabajando apropiadamente.
- Nade a un paso relajado y cómodo.
- Evite la respiración entrecortada. No hay ventaja para este tipo de respiración en un equipo de circuito cerrado y puede causar niveles elevados de bióxido de carbono en la sangre aún con una canastilla funcionando apropiadamente.

19-2.5 Daño Químico. El término “daño químico” se refiere a la introducción de una solución cáustica, desde el depurador de bióxido de carbono del UBA, hacia las vías aéreas superiores de un buzo.

- 19-2.5.1 **Causas de Daño Químico.** La solución alcalina resulta cuando el agua que penetra en la canastilla entra en contacto con el absorbente de bióxido de carbono. Cuando el buzo está en posición horizontal o con la cabeza hacia abajo, esta solución puede viajar a través de la manguera de inhalación e irritar o dañar las vías aéreas superiores.
- 19-2.5.2 **Síntomas de Daño Químico.** El buzo puede experimentar respiración rápida o dolor de cabeza, los cuales son síntomas de acumulación de bióxido de carbono en el gas de respiración. Esto ocurre porque la acumulación de la solución cáustica en la canastilla pudiera estar deteriorando la absorción de bióxido de carbono. Si el problema no se corrige enseguida, la solución alcalina puede viajar por las mangueras de respiración y consecuentemente ser inhalada o tragada. El ahogamiento, nauseas, sabor desagradable y quemaduras de boca y garganta pueden iniciar inmediatamente. Esta condición algunas veces es referida como un “cóctel cáustico”. La magnitud del daño depende de la cantidad y distribución de la solución.
- 19-2.5.3 **Manejo de un Incidente Químico.** Si la solución cáustica entra a la boca, nariz o máscara, el buzo debe seguir los siguientes pasos:
- Inmediatamente asumir una posición vertical en el agua.
 - Presionar continuamente la válvula manual de interconexión (by-pass) y hacer un ascenso controlado a la superficie, exhalando a través de la nariz para prevenir sobre presurización.
 - Si ocurren signos de inundación del sistema durante la purga bajo el agua, abortar el buceo y retornar a circuito abierto o a UBA con mezcla de gases si es posible.
- Usando agua potable, enjuague la boca varias veces. Pueden tomarse varios tragos de agua. Si solamente hay disponible agua salada, enjuague la boca pero no trague el agua. Se puede sustituir por otros líquidos si están disponibles, pero no se recomienda el uso de soluciones ácidas débiles (vinagre o jugo de limón). No intente inducir el vómito.
- Un daño químico puede causar que el buzo tenga dificultad respiratoria principalmente en el ascenso. Deberá ser observado por signos de un embolismo gaseoso arterial y deberá ser tratado si es necesario. Una víctima de daño químico deberá ser evaluada por un Oficial Médico de Buceo o un Técnico Médico de Buceo/Técnico de Operaciones Especiales tan pronto como sea posible. La dificultad respiratoria, la cual puede resultar de un trauma químico a las vías aéreas, requiere de hospitalización inmediata.
- 19-2.5.4 **Prevención de Daño Químico.** Las lesiones químicas se previenen mejor con la ejecución de una cuidadosa prueba de inmersión durante el ajuste previo al buceo para detectar cualquier fuga del sistema. También debe darse especial atención a la posición de la válvula rotaria de la boquilla en la entrada y salida del agua para prevenir la entrada de agua hacia el circuito de respiración. Adicionalmente, los compañeros de buceo deben ejecutar una cuidadosa verificación por fugas uno a otro, antes de dejar la superficie al inicio de un buceo.
- 19-2.6 **Síndrome de Absorción de Oxígeno del Oído Medio.** El síndrome de absorción de oxígeno del oído medio se refiere la presión negativa que puede desarrollarse en el oído medio después de un buceo prolongado con oxígeno.
- 19-2.6.1 **Causas del Síndrome de Absorción de Oxígeno del Oído Medio.** Gas con un muy alto porcentaje de oxígeno entra en la cavidad del oído medio durante el curso de un buceo con oxígeno. Después del buceo, el oxígeno es absorbido lentamente por los tejidos del oído medio. Si la trompa de Eustaquio no se abre espontáneamente, puede resultar una presión negativa relativa al ambiente en la cavidad del oído medio. También puede haber presente

fluido (otitis media serosa) en la cavidad del oído medio como resultado de la presión diferencial.

19-2.6.2 Síntomas del Síndrome de Absorción de Oxígeno del Oído Medio. Los síntomas frecuentemente se notan en la mañana después de un buceo con oxígeno prolongado e incluyen:

- El buzo puede notar malestar moderado y pérdida de la audición en uno o ambos oídos.
- También puede haber una sensación de presión y una sensación de craqueo húmedo como resultado de fluido en el oído medio.

19-2.6.3 Tratamiento del Síndrome de Absorción de Oxígeno del Oído Medio. Igualando la presión en el oído medio utilizando una maniobra de Valsalva normal, o el procedimiento que el buzo escoja (p. ej. deglutiendo, bostezando), normalmente aliviará los síntomas. El malestar y la pérdida de audición se resuelven rápidamente, pero el fluido en el oído medio se absorbe más lentamente. Si los síntomas persisten, debe consultarse a un Oficial Médico de Buceo o a un Técnico Médico de Buceo.

19-2.6.4 Prevención del Síndrome de Absorción de Oxígeno del Oído Medio. El síndrome de absorción de oxígeno del oído medio es difícil de evitar pero normalmente no posee un problema significante, ya que los síntomas son generalmente moderados y fácilmente eliminados. Para prevenirlo, el buzo debe ejecutar varias maniobras de Valsalva suaves en el transcurso del día después de un buceo con oxígeno prolongado, para asegurar que la trompa de Eustaquio permanece abierta.

Tabla 19-1. Información del Equipo MK 25 MOD 2.

Aplicaciones Principales	Personal Mínimo	Ventajas	Desventajas	Restricciones y Límites de Profundidad
Solamente Guerra Especial. Búsqueda e inspección a poca profundidad	5	Sin burbujas en la superficie. Apoyo mínimo. Larga duración. Portabilidad. Movilidad.	Limitado a poca profundidad. Peligro de toxicidad por O ₂ del SNC. Protección física y térmica limitada.	Normal: 25 pam por 240 m. Máximo: 50 pam por 10 m. No se permiten excursiones cuando se usa Límites de Buceo con Profundidad Única.

19-3 MK 25

El UBA de circuito cerrado y oxígeno usado actualmente por los nadadores de combate de la Marina de E.U. es el MK 25 MOD 2. La [Tabla 19-1](#) enumera las características operacionales del MK 25 MOD 2.

19-3.1 Trayectoria del Flujo de Gas. La trayectoria del flujo de gas del UBA MK 25 se muestra en la [Figura 19-2](#). El gas es exhalado por el buzo dentro de la boquilla. Válvulas de una sola vía en las mangas de respiración dirigen el flujo de gas a través de la manguera de exhalación y hacia la canastilla de absorbente de bióxido de carbono, la cual es empacada con un material absorbente de bióxido de carbono aprobado. El bióxido de carbono es removido pasando a través de la cama de absorbente de CO₂ y combinándose químicamente con el material absorbente en la canastilla. Una vez que deja la canastilla, el oxígeno usado entra a la bolsa de respiración. Cuando el buzo inhala, el gas es extraído de la bolsa de respiración a través de la manguera de inhalación y boquilla y regresa a los pulmones del buzo. El flujo de gas descrito es completamente activado por la respiración. Cuando el buzo

exhala, el gas en el UBA es empujado hacia delante por el gas exhalado, y al inhalar, las válvulas de una sola vía en las mangueras permiten que gas fresco sea jalado hacia los pulmones del buzo desde la bolsa de respiración.

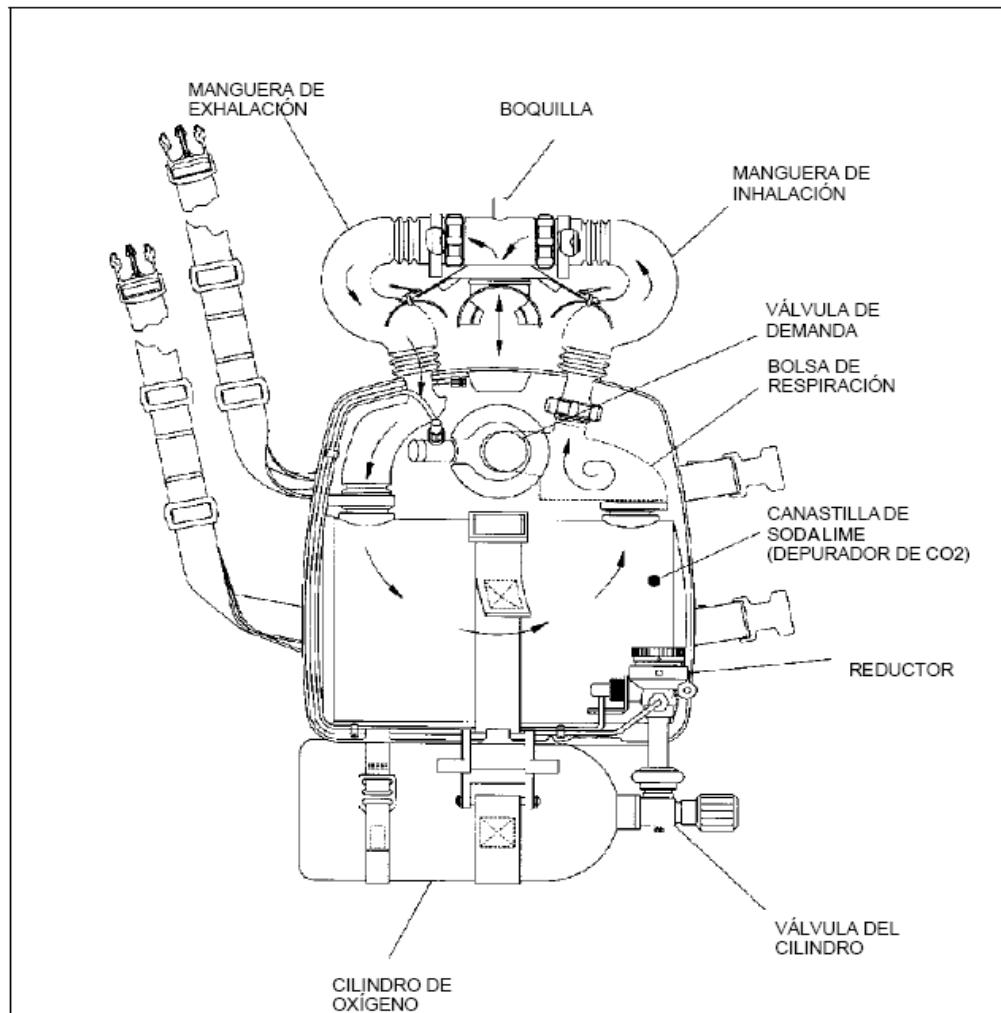


Figura 19-2. Trayectoria de Flujo de Gas del MK 25.

19-3.1.1

Círculo de Respiración. La válvula de demanda añade oxígeno a la bolsa de respiración del UBA desde el cilindro de oxígeno solamente cuando el buzo vacía la bolsa en la inhalación. La válvula de demanda también contiene una perilla de interconexión manual para permitir el llenado manual de la bolsa de respiración durante el ajuste del equipo y cuando sea requerido. No hay flujo constante de oxígeno fresco al buzo. Esta característica del UBA MK 25 hace esencial que el nitrógeno sea purgado del aparato antes del buceo. Si está presente demasiado nitrógeno en el circuito de respiración, la bolsa de respiración puede no ser vaciada y la válvula de demanda puede no añadir oxígeno, aún cuando el consumo metabólico del buzo ha reducido el oxígeno en el UBA a niveles peligrosamente bajos (ver párrafo 19-2.3).

19-3.2

Duración Operacional del UBA MK 25. La duración operacional del UBA MK 25 puede estar limitada por el suministro de oxígeno o la duración de la canastilla. Refiérase a la [Tabla 19-2](#) por la proporción de consumo de gas de respiración para el UBA MK 25.

19-3.2.1 Suministro de Oxígeno. La botella de oxígeno del MK 25 es cargada a 3,000 psig (207 BAR). El suministro de oxígeno puede agotarse de dos maneras: por el consumo metabólico del buzo o por la pérdida de gas en el UBA. Un factor clave en la maximización de la duración del suministro de oxígeno está en que el buzo nade a un paso relajado, cómodo. Un buzo nadando a una proporción de ejercicio alta, puede tener un consumo de oxígeno de dos litros por minuto (duración del suministro de oxígeno = 150 minutos), mientras que uno nadando a un paso relajado puede tener un consumo de oxígeno de un litro por minuto (duración del suministro de oxígeno = 300 minutos).

Tabla 19-2. Promedio de Consumo de Gas de Respiración.

Equipo de Buceo	Presión Sobre el Fondo Mínima	Consumo de Gas (Normal)	Consumo de Gas (Trabajo Pesado)
UBA MK 25 (Oxígeno 100%)	50 psi (3.4 BAR)	15-17 psi/min	(Ver Nota)
NOTA: El Trabajo Pesado no es recomendado para el MK 25.			

Tabla 19-3. Absorbentes de CO₂ Sodalime Aprobados por NAVSEA.

Nombre	Proveedor	NSN
Sodasorb High Performance, Regular	W.R. Grace	6810-01-113-0110
Sofnolime 4-8 Mesh NI, Grado L	O.C. Lugo	6810-01-113-0110
Sofnolime 8-12 Mesh NI, Grado D ADVERTENCIA: El Sofnolime 8-12 solamente está aprobado para uso en la canastilla del MK 25 Mod 2 (uretano). Ver el manual técnico para guías adicionales.	O.C. Lugo	6810-01-412-0637
Divesorb Pro 5-8 Mesh	Drager	MK25PF6737818

19-3.2.2 Duración de la Canastilla. La duración de la canastilla es dependiente de la temperatura del agua, la proporción de ejercicio, y el tamaño del grano del absorbente de bióxido de carbono aprobado por NAVSEA (La Tabla 19-3 enumera los absorbentes aprobados por NAVSEA). La canastilla funcionará adecuadamente tanto como el UBA haya sido ajustado apropiadamente. Los factores que pueden causar que la canastilla falle pronto son tratados con la acumulación de bióxido de carbono en el [párrafo 19-2.4](#).

Los buceos deben planearse para que no excedan los límites de la duración de la canastilla. La presión de oxígeno es monitoreada durante el buceo por el manómetro de presión de oxígeno del UBA, mostrado en bares. La duración del suministro de oxígeno dependerá de los factores tratados en el [párrafo 19-5.2](#), y debe estimarse utilizando la velocidad de nado anticipada y la experiencia de los buzos para evitar pérdidas de gas.

19-3.3 Precauciones de Empacado. Debe tenerse precaución cuando se empaca la canastilla de absorbente de bióxido de carbono, para asegurar que la canastilla esté completamente llena con material absorbente para minimizar la posibilidad de canalización. La canalización permite que el bióxido de carbono exhalado por el buzo pase a través de canales en el material absorbente sin ser absorbido, dando por resultado una concentración cada vez mayor de bióxido de carbono en la bolsa de respiración, conduciendo a hipercapnia. La canalización

puede evitarse siguiendo las instrucciones de empacado de la canastilla, provistas en el Manual de Operación y Mantenimiento específico del MK 25. Las precauciones básicas incluyen la orientación de la canastilla verticalmente y llenando la canastilla a aproximadamente 1/3 por completo del material absorbente aprobado y golpeando ligeramente los lados de la canastilla con la mano o un mazo de goma. Este proceso debe repetirse por tres veces hasta que se llegue a la línea de llenado marcada en el interior de la canastilla absorbente. Comprimir el material con el puño no es recomendado, ya que esto puede causar que el material absorbente aprobado se fracture, produciendo polvo que entonces podría ser transportado a través del circuito de respiración a los pulmones del buzo mientras respira del UBA.

19-3.4

Prevención de Soluciones Cáusticas en la Canastilla. La preocupación adicional incluye asegurar que el agua no se introduce inadvertidamente dentro de la canastilla por dejar la boquilla en la posición “BUCEO” mientras se está en superficie o por fugas del sistema. La importancia de realizar el apriete y prueba de inmersión mientras se hacen los procedimientos de ajuste previos al buceo no puede ser sobreestimada. Cuando el agua se combina con el material absorbente, crea una solución cáustica fuerte, comúnmente referida como “coctel cáustico”, el cual es capaz de producir quemaduras químicas en la boca y vías aéreas del buzo. En el caso de un “coctel cáustico”, el buzo debe mantener inmediatamente una posición cabeza arriba en la columna de agua, oprimir la perilla de interconexión manual de la válvula de demanda y terminar el buceo.

19-4 LÍMITES DE EXPOSICIÓN DEL CIRCUITO CERRADO CON OXÍGENO

Los límites de exposición del circuito cerrado con oxígeno de la Marina de E.U. han sido extendidos y revisados para permitir mayor flexibilidad en las operaciones de buceo de circuito cerrado con oxígeno. Los límites revisados están divididos en dos categorías: Transito con Límites de Excursión y Límites de Profundidad Única.

19-4.1

Tabla de Transito con Límites de Excursión. El Tránsito con Límites de Excursión ([Tabla 19-4](#)) es para una profundidad de buceo máxima de 20 pam o menor, para la mayor parte del buceo, pero permite al buzo hacer una breve excursión a profundidades tan grandes como 50 pam. Tránsito con Límites de Excursión normalmente es el modo preferido de operación, porque manteniendo una profundidad de 20 pam o menor minimiza la posibilidad de toxicidad por oxígeno del SNC durante la mayor parte del buceo, permitiendo aún una breve excursión descendente si es necesario (ver Figura 19-3). Solamente se permite una excursión.

Tabla 19-4. Límites de Excursión.

Profundidad	Tiempo Máximo
21-40 pam	15 minutos
41-50 pam	5 minutos

19-4.2

Tabla de Límites de Exposición con Oxígeno en Profundidad Única. Los Límites de Profundidad Única ([Tabla 19-5](#)) permiten exposición máxima a la mayor profundidad, pero tiene un tiempo de exposición total más corto y no está permitido para excursiones. Los límites de Profundidad Única pueden, sin embargo, ser útiles cuando es necesario el tiempo de fondo máximo a profundidades mayores a 20 pam.

19-4.3

Prueba del Límite de Exposición a Oxígeno. El Transito con Límites de Excursión y los Límites de Profundidad Única han sido probados extensamente en todo el rango de profundidad y son aceptables para operaciones de buceo de rutina. No están consideradas

exposiciones excepcionales. Debe notarse que los límites mostrados en esta sección aplican a buceos con circuito cerrado y oxígeno al 100 % y no son aplicables a buceo con mezcla de gases profundo. Han sido establecidos por separado límites de exposición a oxígeno para buceos profundos con mezcla de gases de helio-oxígeno.

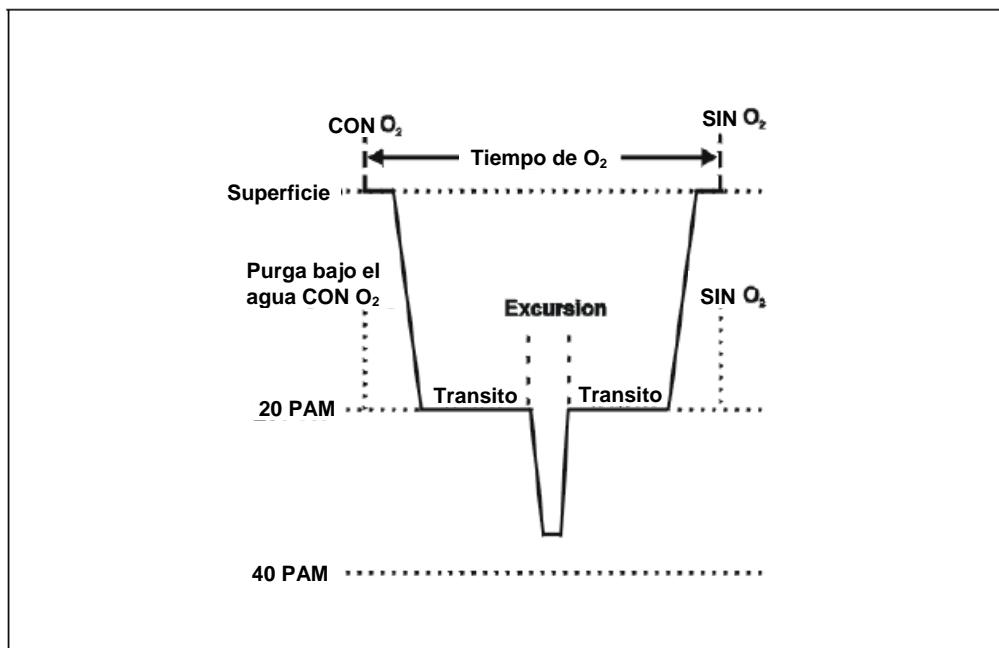


Figura 19-3. Ejemplo de Transito con Excursión.

Tabla 19-5. Límites de Exposición de Oxígeno en Profundidad Única.

Profundidad	Tiempo de Oxígeno Máximo
25 pam	240 minutos
30 pam	80 minutos
35 pam	25 minutos
40 pam	15 minutos
50 pam	5 minutos

19-4.4 Precauciones por la Susceptibilidad Individual al Oxígeno. Aunque los límites descritos en esta sección han sido probados completamente y son seguros para la vasta mayoría de los individuos, pueden ocurrir episodios ocasionales de toxicidad por oxígeno del SNC. Esta es la base para el requerimiento de líneas de compañeros en las operaciones de buceo con oxígeno en circuito cerrado.

19-4.5 Transito con Límites de Excursión. Una profundidad máxima de 20 pam para transito con una excursión, si es necesario, será la opción preferida en la mayoría de las operaciones de nado de combate. Cuando las necesidades operacionales necesitan un descenso a mayor profundidad que 20 pies, más extenso que lo permitido por los límites de excursión, debe usarse el límite de profundidad única apropiado ([párrafo 19-4.6](#)).

19-4.5.1 **Definiciones de Límites de Transito con Excursión.** Las siguientes definiciones se ilustran en la [Figura 19-3](#):

- Transito es la porción del buceo gastada en 20 pam o menos profundo.
- Excursión es la porción del buceo más profundo que 20 pam.
- Tiempo de excursión es el tiempo entre el descenso inicial del buzo debajo de 20 pam y su retorno a 20 pam o menos profundo al final de la excursión.
- El tiempo de oxígeno es calculado como el intervalo de tiempo entre cuando el buzo empieza a respirar del UBA de circuito cerrado con oxígeno (tiempo con-oxígeno) y el tiempo cuando él deja de respirar desde el UBA de circuito cerrado con oxígeno (tiempo sin-oxígeno).

19-4.5.2 **Reglas de Transito con Excursión.** Un buzo que ha mantenido una profundidad de transito de 20 pam o menos puede hacer una breve excursión descendente tan extensa como él observe estas reglas:

- El tiempo total de buceo (tiempo de oxígeno) no puede exceder de 240 minutos.
- Puede tomarse una única excursión en cualquier momento durante el buceo.
- El buzo debe haber retorna a 20 pam o menos al final del límite de excursión prescrito.
- El tiempo límite para la excursión está determinado por la máxima profundidad alcanzada durante la excursión ([Tabla 19-4](#)). Note que los Límites de Excursión son diferentes de los Límites de Profundidad Única.

Ejemplo: Perfil de Buceo Utilizando Límites de Transito con Excursión. Una misión de buceo es llamada para que una pareja transite a 15 pam por 45 minutos, descienda a 36 pam y complete su objetivo. Tanto como los buzos no excedan una profundidad máxima de 40 pam, ellos pueden usar el límite de excursión para 40 pam de 15 minutos. El tiempo en el cual ellos inicialmente descienden por debajo de 20 pam al tiempo en que ellos terminan la excursión debe ser de 15 minutos o menos.

19-4.5.3 **Excursiones Inadvertidas.** Si ocurre una excursión inadvertida, aplicará una de las siguientes situaciones:

- Si la profundidad y/o el tiempo de la excursión excede los límites de la [Tabla 19-4](#) o si ha sido realizada una excursión previamente, el buceo debe ser abortado y el buzo debe retornar a la superficie.
- Si la excursión fue dentro de los límites permitidos, el buceo puede continuarse al tiempo de buceo con oxígeno máximo permitido, pero no pueden hacerse excusiones adicionales más profundo que 20 pam.
- El buceo puede tratarse como un buceo de profundidad única, aplicando la profundidad máxima y el tiempo de oxígeno total para los Límites de Profundidad Única mostrados en la [Tabla 19-5](#).

Ejemplo 1. Una pareja de buzos está teniendo dificultades con un compás funcionando mal. Han estado con oxígeno (tiempo de oxígeno) por 35 minutos cuando notan una lectura en su profundímetro de 55 pam. Ya que esto excede la máxima exposición con oxígeno permitida, el buceo debe abortarse y los buzos tienen que retornar a la superficie.

Ejemplo 2. Un buzo con un compás de buceo nota que su profundímetro marca 32 pam. El verifica su reloj por 5 minutos antes y en este tiempo su profundímetro leyó 18 pam. Como su tiempo de excursión es menor a 15 minutos, no ha excedido el límite de excursión para 40 pam. Él puede continuar el buceo, pero debe mantener su profundidad a 20 pam o menos y no hacer excursiones adicionales.

NOTA **Si el buzo no está seguro que tanto ha estado por debajo de 20 pam, el buceo debe abortarse.**

19-4.6 **Límites de Profundidad Única.** El término Límites de Profundidad Única no significa que el buceo completo se mantendrá a una profundidad, se refiere al tiempo límite aplicado al buceo basado sobre la máxima profundidad alcanzada durante el buceo.

19-4.6.1 **Definiciones de Límites de Profundidad Única.** Las siguientes definiciones aplican cuando se utilizan los Límites de Profundidad Única:

- **El Tiempo de Oxígeno** es calculado como el intervalo de tiempo entre cuando los buzos empiezan a respirar del UBA de circuito cerrado con oxígeno (tiempo con-oxígeno) y el tiempo cuando dejan de respirar del UBA (tiempo sin-oxígeno).
- **La Profundidad** del buceo usada para determinar el tiempo de exposición permisible es determinada por la máxima profundidad alcanzada durante el buceo. Para profundidad intermedia, será utilizada la profundidad límite próxima más profunda.

19-4.6.1 **Límites de Profundidad/Tiempo.** Los Límites de Profundidad Única son proporcionados en la [Tabla 19-5](#). No se permiten excursiones cuando se utilizan estos límites.

Ejemplo. Con veintidós minutos (tiempo de oxígeno) en su compás de buceo, una pareja de buceo desciende a 28 pam para evitar las propelas de un bote que pasa. Permanecen en esta profundidad por 8 minutos. Ahora ellos tienen dos opciones para calcular su tiempo de oxígeno permitido: (1) pueden retornar a 20 pam o menos profundo y usar el tiempo debajo de 25 pam como una excursión, permitiéndoles continuar su buceo con Transito con Límites de Excursión a un tiempo máximo de 240 minutos; ó (2) pueden elegir permanecer a 28 pam y usar 30 pam en Límites de Profundidad Única para un tiempo de buceo máximo de 80 minutos.

19-4.7 **Límites de Exposición para Buceos con Oxígeno Sucesivos.** Si un buceo con oxígeno es realizado después de una exposición previa con circuito cerrado y oxígeno, el efecto del buceo previo sobre el límite de exposición para el buceo subsecuente es dependiente del Intervalo Sin-Oxígeno.

19-4.7.1 **Definiciones para Buceos con Oxígeno Sucesivos.** Las siguientes definiciones aplican cuando se utilizan límites de exposición con oxígeno para buceos con oxígeno sucesivos.

- **Intervalo Sin-Oxígeno.** El intervalo entre el tiempo sin-oxígeno y el tiempo con-oxígeno es definido como el tiempo cuando el buzo deja de respirar de su UBA de circuito cerrado con oxígeno en un buceo hasta que empieza a respirar del UBA en el siguiente buceo.
- **Buceo con Oxígeno Sucesivo.** Un buceo con oxígeno sucesivo es uno que sigue a un buceo con oxígeno previo después de un Intervalo Sin-Oxígeno de menos de 2 horas.

19-4.7.2 **Ajustes al Límite de Exposición Sin-Oxígeno.** Si un buceo con oxígeno es un buceo sucesivo con oxígeno, el límite de exposición con oxígeno debe ajustarse como se muestra en la [Tabla 19-6](#). Si el Intervalo Sin-Oxígeno es de 2 horas o mas grande, no se requiere ajuste

para el buceo subsecuente. Un buceo con oxígeno tomado después de un Intervalo Sin-Oxígeno de más de 2 horas es considerado ser lo mismo que una exposición con oxígeno inicial. Si se obtiene un número negativo cuando se ajustan los límites de exposición de profundidad única como se muestra en la [Tabla 19-6](#), debe tomarse un Intervalo Sin-Oxígeno de 2 horas antes del próximo buceo con oxígeno.

NOTA

Se permite un máximo de 4 horas de tiempo de oxígeno dentro de un periodo de 24 horas.

Tabla 19-6. Límites de Exposición de Oxígeno Ajustados para Buceos con Oxígeno Sucesivos.

Tiempo de Oxígeno Máximo Ajustado		Excursión
Transito con Límites de Excursión	Restar el tiempo de oxígeno en los buceos previos a partir de 240 minutos	Permitida si no se realizó ninguna en los buceos previos
Límites de Profundidad Única	<ol style="list-style-type: none"> Determine el tiempo de oxígeno máximo para la exposición más profunda. Reste el tiempo de oxígeno en los buceos previos desde el tiempo de oxígeno máximo en el Paso 1 (arriba). 	No se permiten excursiones cuando se usan los Límites de Profundidad Única para calcular el tiempo de oxígeno remanente.

Ejemplo. Noventa minutos después de completar un buceo con oxígeno previo, con un tiempo de oxígeno de 75 minutos (profundidad de buceo máxima 19 pam), una pareja de buzos hará un segundo buceo usando Transito con Límites de Excursión. Calcule la cantidad de tiempo de oxígeno para el segundo buceo, y determine si es permitida una excursión.

Solución. El segundo buceo es considerado un buceo con oxígeno sucesivo, ya que el Intervalo Sin-Oxígeno fue menor que 2 horas. El tiempo de exposición permitido debe ajustarse como se muestra en la [Tabla 19-6](#). El tiempo de oxígeno máximo ajustado es 165 minutos (240 minutos menos 75 minutos del tiempo de oxígeno previo). Puede tomarse una única excursión, ya que la profundidad máxima del buceo previo fue 19 pam.

Ejemplo. Setenta minutos después de completar un buceo con oxígeno previo (profundidad máxima 28 pam) con un tiempo de oxígeno de 60 minutos, una pareja de buzos hará un segundo buceo con oxígeno. La profundidad máxima del segundo buceo se espera sea 25 pam. Calcule la cantidad de tiempo de oxígeno para el segundo buceo, y determine si es permitida una excursión.

Solución. Calcule primero el tiempo de oxígeno máximo ajustado. Este es determinado por los Límites de Profundidad Única para la mayor profundidad de las dos exposiciones (30 pam para 80 minutos), menos el tiempo de oxígeno del buceo previo. El tiempo de oxígeno máximo ajustado para el segundo buceo es 20 minutos (80 minutos menos 60 minutos de tiempo de oxígeno previo). No se permiten excursiones usando los Límites de Profundidad Única.

19-4.8

Límites de Exposición para Buceos con Oxígeno Despues de Buceos con Mezcla de Gases o Aire. Cuando debe realizarse un buceo subsecuente y si la exposición previa fue un buceo con aire o MK 16, los límites de exposición para el buceo con oxígeno subsecuente no requieren ajuste.

19-4.8.1

Regla para Mezcla de Gases a Oxígeno. Si en el buceo previo se uso una mezcla de gases para respiración, teniendo una presión parcial de oxígeno de 1.0 ata o mayor, la exposición previa debe tratarse como un buceo con circuito cerrado y oxígeno, como se describió en el párrafo 19-4.7. En este caso, el Intervalo Sin-Oxígeno se calcula desde el

tiempo que el buzo dejó de respirar la mezcla de respiración previa hasta que empieza a respirar del equipo de circuito cerrado con oxígeno.

- 19-4.8.2 Regla para Oxígeno a Mezcla de Gases.** Si un buzo empleó el UBA MK 25 para una porción del buceo y otro UBA que utiliza un gas de respiración diferente a oxígeno por otra porción del buceo, solamente la porción del buceo durante la cual el buzo estuvo respirando oxígeno es contada como tiempo de oxígeno. El uso de UBAs múltiples está generalmente restringido a operaciones especiales. Los procedimientos de descompresión para buceo con UBAs múltiples deben estar de acuerdo con procedimientos aprobados.

Ejemplo. Un escenario de buceo requiere tres parejas de buceo para ser insertados cerca de un puerto utilizando un Vehículo de Entrega SEAL (SDV). Los buzos respiraran aire comprimido por un total de 3 horas antes de dejar el SDV. No se requiere descompresión, como es determinado en los procedimientos de Buceo Multinivel de Nadadores de Combate (CSDM). El SDV saldrá a superficie y los buzos purgarán su equipo de oxígeno en la superficie, toman un compás y empiezan el buceo con oxígeno. Serán usadas las reglas de Transito con Límites de Excursión. No sería necesario ningún ajuste para el tiempo de oxígeno como resultado de las 3 horas del buceo con aire comprimido.

- 19-4.9 Buceo con Oxígeno a Altitud.** Los límites y procedimientos de exposición con oxígeno según lo dispuesto en los párrafos anteriores, pueden ser utilizados sin ajustes para buceos con circuito cerrado y oxígeno a altitud por encima del nivel del mar.

- 19-4.10 Volando Despues de Buceo con Oxígeno.** Es permitido volar inmediatamente después de bucear con oxígeno a menos que el buceo con oxígeno ha sido parte de un perfil de buceo con UBA múltiple, en el cual el buzo también estuvo respirando otra mezcla respirable (aire, N₂O₂, o HeO₂). En este caso, aplican las reglas encontradas en el [párrafo 9-3.13](#).

- 19-4.11 Operaciones de Combate.** Los límites de exposición de oxígeno de esta sección son los únicos límites aprobados para su uso en la Marina de E.U. y no deben excederse en un entrenamiento o escenario de ejercicio. Si las operaciones del combate requieren una exposición más severa al oxígeno, se puede obtener una estimación del incremento de riesgo de toxicidad por oxígeno del SNC de un Oficial Médico de Buceo o de la Unidad de Buceo Experimental de la Marina. El consejo de un Oficial Médico de Buceo es esencial en tales situaciones y debe obtenerse siempre que sea posible.

19-5 PLANEACIÓN DE OPERACIONES

Ciertos deben ser tomados en consideración en la planeación de las operaciones de buceo con oxígeno. Lo siguiente da la información detallada de áreas específicas de la planeación.

- 19-5.1 Limitaciones Operativas.** Los Oficiales de Buceo y los Supervisores de Buceo deben considerar los siguientes factores limitantes potenciales cuando planean operaciones de buceo de combate con circuito cerrado y oxígeno:

- Suministro de oxígeno del UBA ([párrafo 19-3.2](#))
- Duración de la canastilla del UBA (NAVSEA 00C3 ltr 3151 ser 00C34/3160, 27 Sept. 01)
- Límites de exposición al oxígeno ([párrafo 19-4](#))
- Factores Térmicos ([Capítulo 11](#) y [Capítulo 3](#))

19-5.2 Maximizando el Rango Operacional. El rango operacional del UBA puede maximizarse adhiriéndose a estas guías:

- Siempre que sea posible, planear la operación utilizando la técnica de la tortuga volteada, en la cual el buzo nada en la superficie parte del tiempo, respirando aire cuando es factible.
- Usar mareas y corrientes para la máxima ventaja. Evite nadar contracorriente cuando sea posible.
- Asegúrese de que las botellas de oxígeno sean cargadas a 3,000 psig (207 bares) antes del buceo.
- Minimice la pérdida de gas del UBA evitando fugas y cambios de profundidad innecesarios.
- Mantenga un paso de nado confortable y relajado durante la operación. Para la mayoría de los buzos, esta es una velocidad de natación de 0.8 nudos aproximadamente. A una alta proporción de ejercicio, la velocidad de natación más rápida es compensada por un desproporcionado más alto consumo de oxígeno, dando por resultado una disminución neta del rango de operación. Las altas proporciones de ejercicio pueden reducir la duración del suministro de oxígeno debajo de la duración de la canastilla de depuración de bióxido de carbono y llega a ser el factor limitante para la operación ([párrafo 19-3.2](#)).
- Asegúrese que los buzos visten adecuada protección térmica. Un buzo frió comenzará a temblar o aumentará su proporción de ejercicio, cualquiera de lo cual incrementará el consumo de oxígeno y disminuirá la duración del suministro de oxígeno de la operación.

ADVERTENCIA

El MK 25 no tiene capacidad de monitoreo del bióxido de carbono. La falla en la adhesión a la planeación de la duración de operación de la canastilla podría conducir a inconsciencia y/o muerte.

19-5.3

Entrenamiento. El entrenamiento y los buceos de recalificación deben ejecutarse con las siguientes consideraciones en mente:

- Los buceos de entrenamiento deben ser conducidos con equipo que refleje lo que el buzo requerirá usar en operaciones. Esto debe incluir equipo de demolición y armas como se considere apropiado.
- Deben conducirse periódicos entrenamientos de refresco en salón sobre procedimientos de buceo con oxígeno, toxicidad por oxígeno del SNC y manejo de los accidentes de buceo.
- Desarrollar un sistema simple de señales de mano, incluyendo las siguientes:

—	Emerge	<input type="checkbox"/>	Bien, de acuerdo
—	Emerge de emergencia	<input type="checkbox"/>	Me siento extraño
—	Desciende	<input type="checkbox"/>	Barotrauma de oído
—	Asciende	<input type="checkbox"/>	Alto
—	Más rápido	<input type="checkbox"/>	Precaución
—	Más despacio	<input type="checkbox"/>	Excursión

- Equilibre la pareja de buceo de acuerdo a la velocidad de nado.
- Si van a ejecutarse buceos con oxígeno de larga duración, es recomendado trabajar buceos incrementando la distancia gradualmente.

19-5.4

Requerimientos de Personal. El siguiente personal de superficie debe estar presente en todo el entrenamiento y ejercicio de buceos con oxígeno de circuito cerrado:

- Supervisor de Buceo/Patrón de barco
- Buzo en espera (Standby)/nadador en superficie con scuba y aire (no oxígeno)
- Técnico Médico de Buceo/Técnico de Operaciones Especiales (buzo atendiente en espera).

19-5.5

Requerimientos de Equipo. Las características operacionales del UBA MK 25 se muestran en la [Tabla 19-7](#). Los requerimientos de equipo para entrenamiento y ejercicio de buceos con circuito cerrado y oxígeno se muestran en la [Tabla 19-8](#). Varios artículos del equipo merecen consideración especial como se anota abajo:

- **Bote Motorizado de Seguimiento.** Como mínimo, un bote motorizado de seguimiento debe estar presente para el buceo. Sin embargo, la práctica segura del buceo en muchas situaciones, requerirá la presencia de más de un bote de seguimiento (p.ej., operaciones nocturnas). El Supervisor de Buceo debe determinar el número de botes requeridos, basado en el área de buceo, plan de evacuación médica y número de personal participante en el buceo. Cuando se utiliza más de un bote de seguridad, la comunicación con el bote de apoyo debe estar disponible.
- **Líneas de Compañeros.** Debido a que es mayor el riesgo de que un buzo llegue a estar inconsciente o incapacitado durante un buceo con circuito cerrado y oxígeno que durante otros tipos de buceo, las líneas de compañeros son equipo requerido para los buceos con oxígeno. En unos pocos escenarios de buceo especiales, cuando su uso puede obstaculizar o poner en peligro a los buzos, las líneas de compañeros pueden no ser factibles. El Supervisor de Buceo debe considerar cuidadosamente cada situación y permitir que las líneas de compañeros sean desconectadas solamente cuando su uso impide la ejecución de la misión.
- **Profundímetro.** La importancia de mantener el control exacto de la profundidad en los buceos con oxígeno obliga que sea usado el profundímetro para cada buceo.
- **Flotador Testigo.** Durante las operaciones de entrenamiento de Buceo de Combate, los buzos no tienen que ser atendidos desde superficie para bucear bajo el casco de un barco. Sin embargo, ellos deben ser marcados con un flotador testigo, el cual debe estar visible en la superficie todo el tiempo. Después del atardecer, el flotador debe estar iluminado para que sea fácilmente visible por el personal de superficie, p.ej. luces químicas. El Supervisor de Buceo debe considerar el diseño del barco y los factores ambientales apropiados, p.ej. corriente y estado del mar, para determinar la longitud requerida de la línea del flotador testigo.

19-5.6

Precauciones Previas al Buceo. Lo siguiente debe ser determinado antes de la operación de buceo:

- Medios de comunicación con el Oficial Médico de Buceo más cercano disponible.

Tabla 19-7. Características Operacionales del Equipo.

Equipo de Buceo	Límite de Trabajo Normal (pam) (Notas 1 y 2)	Límite de Trabajo Máximo (pam) (Nota 1)	Requerimiento de Cámara	Personal Mínimo
UBA MK 25	25 (Nota 3)	50	Ninguno	5

Notas:

1. La duración esperada del suministro de gas, la duración esperada del absorbente de bióxido de carbono, la protección térmica suficiente y otros factores también pueden limitar la profundidad y la duración del buceo.
2. Es requerido un Oficial Médico de Buceo en el sitio para todos los buceos que excedan el límite de trabajo normal.
3. El límite de profundidad normal para operaciones de buceo con circuito cerrado y oxígeno debe ser 20 pam. La opción de hacer una excursión a una mayor profundidad (bajar a 50 pam), si se requiere durante un buceo, es aceptable y no se considera "exposición excepcional". No se requiere un Oficial Médico de Buceo en el sitio para una excursión o un buceo de profundidad única.

Tabla 19-8. Equipo de Buceo Circuito Cerrado con Oxígeno.

A. General	D. Técnico Médico de Buceo
<ol style="list-style-type: none"> 1. Bote motorizado de seguimiento* 2. Radio (Radio comunicación con unidad base, cámara, unidades de evacuación médica, y naves de apoyo cuando sea factible) 3. Luz de alta intensidad, espectro amplio (operaciones nocturnas) 4. Banderas de buceo y/o luces de buceo como se requiera 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ventilador de bolsa auto-inflable con mascarilla para adulto mediana 2. Vía aérea orofaríngea (adaptable a la mascarilla usada) 3. Equipo de primeros auxilios/O₂ portátil 4. Dos cantinas de agua dulce para tratar lesiones químicas
B. Supervisor de Buceo	E. Buzos
<ol style="list-style-type: none"> 1. Reloj de buceo 2. Lista de parejas de buceo 3. Dispositivos de memoria 4. Copia de Límites de Exposición con Oxígeno 5. Copia de Tablas de Aire 	Requerido: <ol style="list-style-type: none"> 1. Chaleco salvavidas aprobado 2. Cinturón con lastre 3. Máscara 4. Aletas 5. Navaja de buceo 6. Bengala 7. Reloj de buceo 8. Protección térmica apropiada 9. Silbato 10. Línea de compañero (una por pareja)* 11. Profundímetro (caratula grande, exacto para poca profundidad; uno por buzo)* 12. Compas (uno por pareja si están en curso de compas)
C. Buzo en Espera	Opcional:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Scuba con aire comprimido 2. Cinturón con lastre (si necesita) 3. Chaleco salvavidas aprobado 4. Máscara 5. Aletas 6. Protección térmica apropiada 7. Navaja de buceo 8. Bengala 9. Línea de atención 10. Profundímetro 11. Reloj de buceo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guantes 2. Boya (una por pareja) 3. Pizarra con dispositivo para escribir

Ver [párrafo 19-5.5](#)

- Localización de la cámara de recompresión funcional más cercana. La confirmación positiva de la disponibilidad de la cámara debe obtenerse antes del buceo.
- La instalación médica más cercana para el tratamiento de lesiones o problemas médicos que no requieren terapia de recompresión.

- El método óptimo de transporte a la cámara de recompresión o instalación médica. Si es necesaria la coordinación con otras unidades para apoyo con aeronave/bote/vehículo, el Supervisor de Buceo debe conocer las frecuencias, signos de llamado y contacto personal necesario para hacer disponible la transportación en caso de emergencia. Debe incluirse un plan de evacuación médica en el informe del Supervisor de Buceo.
- Se recomienda la preparación de una lista de verificación similar a la encontrada en el [Capítulo 6](#).
- Cuando las operaciones serán conducidas en la cercanía de barcos, deben seguirse las guías provistas en la Lista de Verificación de Seguridad en Reparación de Barcos ([Capítulo 6](#)) y las instrucciones apropiadas del Grupo Naval de Guerra Especial.
- La notificación del intento de realizar operaciones de buceo debe mandarse a la autoridad apropiada de acuerdo con las directivas locales.

19-6 PROCEDIMIENTOS PREVIOS AL BUCEO

Esta sección proporciona los procedimientos previos a los buceos con oxígeno en circuito cerrado.

- 19-6.1** **Preparación del Equipo.** El ajuste del UBA MK 25 previo al buceo se ejecuta utilizando la lista de verificación apropiada, del Manual de Operación y Mantenimiento del UBA MK 25.
- 19-6.2** **Informe del Supervisor de Buceo.** El Supervisor de Buceo dará un informe aparte del informe completo de la misión y enfocará la parte de buceo de la operación, dando especial atención a los puntos mostrados en la [Tabla 19-9](#).

Tabla 19-9. Informe del Supervisor de Buceo.

A. Plan de Buceo	F. Comunicaciones
1. Profundidad de operación	1. Frecuencia primaria y secundaria
2. Tiempos de buceo	2. Señales de llamada
3. Tablas de descompresión	G. Procedimientos de Emergencia
4. Distancia, rumbo y tiempos de tránsito	1. Síntomas de toxicidad por O ₂ del SNC y por elevación de CO ₂
5. Todos los obstáculos o riesgos conocidos	2. Revisión de manejo de la toxicidad por O ₂ del SNC, toxicidad por CO ₂ , hipoxia, daño químico, buzo inconsciente
B. Medioambiente	3. Mal funcionamiento del UBA (refiérase al manual de mantenimiento para una discusión detallada) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Falla del sensor de oxígeno ▪ Baja ppO₂ ▪ Alta ppO₂ ▪ Falla electrónica ▪ Luz roja intermitente en la pantalla primaria en el ascenso (situación de no-emergencia) ▪ Batería baja ▪ Flujo libre del diluyente ▪ Falla de la válvula de adición de diluyente ▪ Sistema inundado ▪ Falla del sistema electrónico primario para cambiar sobre 1.3 ata de ppO₂ en el descenso
C. Asignaciones del Personal	4. Procedimientos de pérdida de aletas
1. Parejas de buceo	5. Plan de descompresión omitida
2. Supervisor de Buceo	6. Plan de evacuación médica <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cámara disponible más cercana ▪ Oficial Médico de Buceo más cercano
3. Oficial de Buceo	7. Plan de transporte
4. Buzo Standby o en Espera	8. Recuperación de otro par de aletas
5. Personal médico de buceo	
6. Personal de apoyo de la base de operaciones	
D. Equipo Especial para:	H. Tiempos para Operación
1. Buzos (incluye protección térmica)	I. Verificación de Tiempo
2. Supervisor de Buceo	
3. Buzo Standby o en Espera	
4. Personal médico	
E. Revisión de las Señales de Buceo	
1. Señales de mano	
2. Señales de jalones de línea para UBA MK 16 MOD 1 <i>(Tabla 18-7)</i>	

18-3.2

Verificación del Supervisor de Buceo. Antes del buceo, el Supervisor de Buceo se debe asegurar que cada UBA esté apropiadamente ajustada y que se complete la lista de verificación previa al buceo. La segunda fase de la revisión por parte del Supervisor de Buceo es realizar una inspección previa al buceo después que los buzos se han equipado (Refiérase a la Figura 3-3 del manual de Operación y Mantenimiento del MK 16 MOD 1). El Supervisor de Buceo se asegura que el UBA y el equipo relacionado (chaleco salvavidas, cinturón con pesas, etc.) estén colocados de manera apropiada, que el equipo relacionado con la misión o trabajo (compás, profundímetro, reloj de buceo, líneas de compañero, equipo táctico, etc.) esté disponible y que el UBA funcione correctamente antes de permitir que los buzos entren al agua. En el manual de operación y mantenimiento del MK 16 MOD 1 se proporcionan listas de verificación apropiadas para confirmar que el UBA funciona correctamente.

- 18-2.2.4 **Buzo Standby o en Espera.** Cuando sea apropiado durante los buceos de entrenamiento o en operaciones donde no influya, se puede usar el scuba con circuito abierto. Refiérase al Capítulo 6 [Figura 6-23](#) por las guías.
- 18-2.2.5 **Líneas de Atención.** Las líneas de atención para los buzos estarán fabricadas de cualquier línea ligera que tenga flotabilidad y que sea marcada fácilmente como está indicado en el párrafo 18-2.2.6 (cabo de polipropileno de $\frac{1}{4}$ de pulgada es bastante conveniente).
- 18-2.2.6 **Marcado de Líneas.** Las líneas utilizadas para controlar la profundidad del(os) buzo(s) deben ser marcadas para los buceos de descompresión. Esto incluye las líneas de atención, líneas de marcación y líneas “puente”. Las líneas deben ser marcadas con bandas rojas, amarillas o negras empezando en el extremo del buzo o del contrapeso. Las marcas rojas indicarán 50 pies y las amarillas o negras marcarán cada 10 pies.
- 18-2.2.7 **Boya de Marcación del Buzo.** Las boyas de marcación del buzo serán construidas para proporcionar una referencia visual adecuada para verificar la localización del buzo. Además, la cantidad de línea será de suficiente longitud para el perfil del buceo planeado.
- 18-2.2.8 **Profundímetro/Reloj de Pulsera.** Un solo profundímetro o reloj de pulsera pueden ser usados cuando se bucee con un compañero y una línea de compañeros.
- 18-2.2.9 **Protección Térmica.** Los buzos deben estar equipados con protección térmica adecuada para funcionar efectivamente y con seguridad. Un buzo enfriado empezará, ya sea, a temblar o aumentar su ritmo de esfuerzo, cualquiera de los cuales aumentará el consumo de oxígeno y disminuirá la duración del suministro de oxígeno y de la canastilla. Refiérase al Capítulo 6 [párrafo 6-6.3](#) por las guías para buceo con agua caliente y al [Capítulo 11](#) para guías sobre el buceo en aguas frías.
- 18-2.2.10 **Salvavidas o Dispositivo de Control de Flotabilidad Aprobado.** A discreción del Supervisor de Buceo puede utilizarse un salvavidas o dispositivo de control de flotabilidad aprobado. Refiérase al Capítulo 7 para guías sobre el uso y entrenamiento requerido para dispositivos de control de flotabilidad. El salvavidas MK 4 está autorizado para 200 pam y

debe estar fijado con 4 cartuchos (30-34 gramos) MIL-C-16385 Tipo II para operaciones EOD. Si el buzo está usando un traje seco aprobado, no es requerido el uso de un salvavidas o dispositivo de control de flotabilidad.

18-2.2.11 **Máscara de Cara Completa.** Debe utilizarse una máscara de cara completa autorizada cuando se despliega un buzo solo no atendido, buzo solo marcado, buzo apareado marcado y cuando se utiliza un dispositivo de control de flotabilidad aprobado. Para un buzo atendido, se puede utilizar una máscara de cara completa a discreción del Supervisor de Buceo.

18-2.2.12 **Sistema de Respiración de Emergencia (SRE).** El Sistema de Respiración de Emergencia proporciona una fuente de respiración alterna para los buzos en descompresión en el evento de una falla del MK 16 MOD 1. El SRE consiste en un UBA MK 16 MOD 1 montado sobre un marco de ensamblaje para SRE y cargado con el mismo gas diluyente para el buceo planeado.

18-2.3 **Consideraciones de la Cámara de Recompresión.** No se requiere una cámara de recompresión como pre-requisito para operaciones de buceo con UBA de circuito cerrado a menor profundidad que 200 pam. Para buceos con MK 16 MOD 1 más profundos que 200 pam, se requiere una cámara de recompresión en el sitio. En el sitio se define como una cámara certificada y lista, accesible dentro de 30 minutos del sitio de buceo con la transportación disponible. Se deben determinar los siguientes puntos antes de iniciar cualquier operación de buceo:

- Localización de la cámara de recompresión en funcionamiento más cercana. Se debe obtener la confirmación positiva de la disponibilidad de la cámara.
- El método óptimo de transporte hacia la cámara de tratamiento o instalación médica. Si es necesaria la coordinación con otras unidades para obtener apoyo de una aeronave, bote o vehículo, el Supervisor de Buceo deberá saber los números telefónicos y puntos de contacto necesarios para tener disponibles estas instalaciones tan rápido como sea posible. Un plan de evacuación médica deberá estar incluido en la lista de verificación del Supervisor. Se recomienda que se prepare una lista de verificación de asistencia de emergencia similar a la del Capítulo 6.
- Una cámara de recompresión, condonada por CNO, y un Oficial Médico de Buceo son requeridos antes de cualquier buceo planeado que exceda los límites máximos de trabajo.

18-2.4 Procedimientos de Buceo para el MK 16 MOD 1.

18-2.4.1 **Procedimientos de Seguridad Estándar para EOD.** Deben ser observados los siguientes procedimientos de seguridad estándar durante las operaciones de buceo EOD:

- Se requiere un Oficial de Buceo EOD para estar en el Control Táctico de todas las operaciones de buceo EOD que involucren Procedimientos de Entrega Segura (RSP). Control Táctico es definido como en la estación o continua comunicación de voz táctica de tiempo completo con el equipo de buceo que realiza el RSP.
- Cuando se bucea sobre influencia de explosivos o desconocidos, el equipo del buzo en espera debe ser del mismo tipo que el buzo que está realizando el procedimiento actual.

18-2.4.2 **Métodos de Buceo.** Los métodos de buceo con MK 16 MOD 1 incluyen:

18-2.4.2.1 **Desplegando un solo Buzo EOD, no Atendido.** Generalmente, es más seguro para los buzos trabajar en parejas en lugar de uno solo. Sin embargo, para hacerlo buceando con la influencia de explosivos bajo el agua, dobla el tiempo de fondo del buzo esperado,

incrementa el riesgo de detonación de explosivos vivos e incrementa el riesgo de detonación causada por la influencia adicional de la intervención del segundo buzo. El Oficial de Buceo EOD puede autorizar el empleo de un solo buzo, no atendido, cuando es considerado que el peligro de explosión es más grande que el peligro presentado por el buzo solo. Todos los buzos solos, no atendidos, deben utilizar una máscara de cara completa. El Oficial de Buceo EOD o el Supervisor de Buceo, debe considerar los siguientes factores cuando decide operar con un solo buzo o en parejas:

- La experiencias del buzo
- La confianza del equipo
- Tipo y condición de los explosivos sospechados
- Condiciones ambientales
- Grado de la urgencia operacional requerida

18-2.4.2.2 Buzo Solo Marcado. Consiste de un buzo solo con máscara de cara completa, marcado con una línea flotante de peso ligero fijada a un flotador en superficie. Una vez completado un buceo que requiera descompresión, el buzo le señalará al Supervisor de Buceo que está listo para salir a superficie. El bote de buceo se acercará al flotador y recobrará al buzo.

18-2.4.2.3 Pareja de Buzos Marcados. Los procedimientos para pareja de buzos marcados son idénticos a los procedimientos para un solo buzo marcado, pero con la adición de que el segundo buzo está conectado a una línea de compañeros/a distancia.

18-2.4.2.4 Buceo Atendido. Consiste de un buzo solo atendido desde superficie o un par de buzos usando una línea de compañeros/a distancia, con un buzo usando una línea de profundidad marcada que es continuamente atendida desde superficie.

18-2.4.2.5 Buzo en Escenarios de Entrenamiento. Los escenarios de entrenamiento simulando explosivos no constituyen una amenaza real, por lo tanto, no deben usarse buzos solos desatendidos en operaciones de entrenamiento. Los buzos deben ser atendidos desde superficie o marcados con una boya.

18.2.5 Seguridad en Barcos. Cuando las operaciones son realizadas en la vecindad de barcos, deben seguirse las guías proporcionadas en la Lista de Verificación de Seguridad en Reparación de Barcos (ver [Figura 6-20](#)).

18-2.6 Autorización de Área Operacional. La notificación de intención de realizar operaciones de buceo debe ser coordinada de acuerdo con las directivas locales.

18-4 DESCENSO

La velocidad máxima de descenso es de 60 pies/minuto. Durante el descenso, el UBA automáticamente compensará por el incremento de presión de agua y proveerá un volumen adecuado de gas para respiración. Durante el descenso la presión parcial de oxígeno puede incrementarse conforme se añade oxígeno a la mezcla respiratoria como una porción del diluyente. Dependiendo de la velocidad y profundidad de descenso, la pantalla primaria del UBA MK 16 MOD 1 puede iluminar la luz verde intermitente. Puede tomar de 2 a 15 minutos consumir el oxígeno adicional añadido por el diluyente durante el descenso. Mientras respira para bajar la ppO₂, el buzo debe verificar continuamente la pantalla primaria y secundaria hasta que la ppO₂ regrese al nivel del punto de ajuste de 1.3 ata.

PRECAUCIÓN	Hay un incremento en el riesgo de toxicidad por oxígeno buceando con MK 16 MOD 1 sobre el MK 16 MOD 0, especialmente durante la fase de descenso en buceos profundos con HeO₂. Los Supervisores de Buceo y los buzos deben estar conscientes de que presiones parciales de oxígeno de 1.6 o más altas pueden experimentarse temporalmente debido a la ppO₂ rebasada. Refiérase al párrafo 18-10.1.1 por la información sobre el reconocimiento y prevención de la toxicidad por oxígeno del SNC.
-------------------	---

Tabla 18-7. Señales por Jalones de Línea para el UBA MK 16 MOD 1.

Señal	De	A	Significado
1 jalón	Buzo	Tender	Comunicación mediante jalones iniciada
7 jalones	Buzo	Tender	He empezado, encontrado o terminado el trabajo
2-3 jalones	Buzo	Tender	Tengo síntomas de descompresión
3-2 jalones	Buzo	Tender	Respirando del SRE (UBA de SRE funcionado adecuadamente)
4-2 jalones	Buzo	Tender	Falla en el equipo
2-1 jalones	Buzo Tender	Tender Buzo	Comunicación mediante jalones terminada
5 jalones	Buzo	Tender	He excedido la profundidad de buceo planeada (Esto es seguido de 1 jalón por cada 5 pam de profundidad excedida desde la profundidad planeada)

La pantalla primaria del UBA MK 16 MOD 1 debe indicar una transición desde 0.7 a 1.3 ata a 33 pam. El buzo debe verificar esta transición monitoreando su pantalla secundaria. Si no hay indicación de esta transición con el descenso continuo pasando 40 pam, debe terminarse el buceo y el buzo debe ascender a la superficie de acuerdo con la cédula de descompresión apropiada.

18-5 PROCEDIMIENTOS BAJO EL AGUA

18-5.1 Guías Generales. Los buzos se deberán apagar a las siguientes guías conforme es realizado el buceo:

ADVERTENCIA **La falla en la adhesión a estas guías podría resultar en lesión grave o muerte.**

- Verifique la pantalla primaria y secundaria frecuentemente.
- El buzo no debe añadir oxígeno en el descenso, excepto como parte de un procedimiento de emergencia, o en cualquier momento mientras esté en el fondo, debido al incremento en el riesgo de la toxicidad por oxígeno.
- Use la protección térmica adecuada.
- Conozca y utilice la cantidad apropiada de peso para la protección térmica usada y el equipo llevado.

- Cada uno verifique el equipo del otro cuidadosamente buscando fugas.
- No exceda la duración de la canastilla del UBA y los límites de profundidad para el buceo, ver [párrafo 18-2.4.1](#).
- Minimice la pérdida de gas del UBA (evite fugas en la máscara y los cambios de profundidad frecuentes, si es posible).
- Mantenga contacto físico o visual frecuente con su compañero.
- Esté alerta por síntomas sugestivos de un problema médico ver [párrafo 18-10](#).
- Utilice las corrientes y mareas para obtener su máxima ventaja.

HOJA DE REGISTRO DE BUCEO MK 16 MOD 1										
Supervisor de Buceo					Fecha					
Temperatura del Agua			Temperatura del Aire		Profundidad (pam)					
Tabla	Cédula		Tiempo de Fondo Planeado							
Presión de la Botella de oxígeno del SRE					Presión del diluyente del SRE					
	Nombre	Grupo Repetitivo	Nº de Equipo	Presión de O ₂	Presión del Diluyente	Batería %	Deja Superficie	Deja Fondo	Llega a Superficie	Tiempo Total de Fondo
Buzo 1										
Buzo 2										
Buzo Standby										
Velocidad de Descenso	Tiempo Programado en la Parada		Profundidad de la Parada		Tiempo Real en la Parada			Tiempo de Viaje	Observaciones	
	Buzo	Standby			Buzo	Standby				
				10						
				20						
				30						
				40						
				50						
				60						
				70						
				80						
				90						
				100						
				110						
				120						
				130						

			140				
			150				

Figura 18-2. Hoja de Registro de Buceo con MK 16 MOD 1.

18-5.2

En la Profundidad. Si el UBA está funcionando normalmente a la profundidad, no se requerirán ajustes. El sistema de control de la ppO₂ añadirá oxígeno como sea necesario para asegurar que permanezca el nivel de oxígeno en el punto de ajuste. Verifique las siguientes pantallas de acuerdo al manual de operación y mantenimiento del MK 16 MOD 1:

- **Pantalla Primaria.** Verifique frecuentemente la pantalla primaria para asegurar que el nivel de oxígeno se mantiene en el punto de ajuste durante la actividad normal a una profundidad constante (la operación de la válvula de adición de oxígeno en el MK 16 MOD 1 no debe escucharse).
- **Pantalla Secundaria.** Verifique la pantalla secundaria cada 2 a 3 minutos para asegurar que todos los sensores están de acuerdo a lo indicado en la pantalla primaria y que los voltajes de la batería están indicados apropiadamente.
- **Indicadores de Alta Presión.** Verifique frecuentemente el indicador de presión de diluyente y de oxígeno para asegurar que el suministro de gas es adecuado para terminar el buceo.

18-6 PROCEDIMIENTOS DE ASCENSO

La velocidad máxima de ascenso para el MK 16 MOD 1 es de 30 pies por minuto. Durante el ascenso, cuando disminuye la presión del agua, la ppO₂ en la mezcla de gas respiratoria puede disminuir más rápido que el O₂ pueda ser añadido por la válvula de adición de oxígeno. En estas circunstancias la pantalla primaria puede mostrar luz roja/verde alternadas, entonces aparece la luz roja intermitente por baja ppO₂. Esta es una reacción normal a la disminución en la presión parcial y es una indicación de que el UBA está funcionando correctamente. Aún con la estricta adherencia a una velocidad de ascenso de 30 pies/min, el buzo puede experimentar luz roja intermitente en la pantalla primaria. Esto puede también ser una indicación de mal funcionamiento del equipo y puede ser necesario añadir oxígeno al UBA manualmente. Añadiendo oxígeno mientras se observa la pantalla secundaria ayudará al buzo a discriminar entre una disminución normal en la presión parcial de oxígeno debida al ascenso y un mal funcionamiento del UBA. Otras acciones que el buzo puede tomar son:

- Asegurarse que no se excede la velocidad de ascenso de 30 pies/min.
- Una vez arribando a la primera parada de descompresión permitir que el UBA se estabilice. Si después de 4 minutos de haber arribado a la primera parada persiste la luz roja intermitente en la pantalla primaria, el buzo debe iniciar el procedimiento de emergencia apropiado para ppO₂ baja.

18-7 PROCEDIMIENTOS DE DESCOMPRESION

No pueden usarse las Tablas de Descompresión Estándar de la Marina de E. U. con un UBA de circuito cerrado, ya que la ppO₂ se mantiene constante a un nivel ajustado previamente sin importar la profundidad. Por lo tanto, las tablas de descompresión dadas en la [Tabla 18-9](#) a 14 han sido desarrolladas y probadas específicamente para el MK 16 MOD 1.

18-7.1 Monitoreo de la ppO₂. Durante la descompresión, es muy importante verificar constantemente la pantalla secundaria y asegurar que se mantenga una ppO₂ de 1.3 tan cerca como sea posible. Siempre utilice la tabla de descompresión apropiada cuando salga a superficie, aún si un mal funcionamiento del UBA ha alterado significativamente la ppO₂.

NOTA **La descompresión en superficie no está autorizada para operaciones con UBA MK 16 MOD 1. No se han desarrollado tablas de descompresión en superficie apropiadas para buceos con circuito cerrado y ppO₂ constante de 1.3 ata.**

18-7.2 Reglas para el Uso de las Tablas de Descompresión para MK 16 MOD 1.

NOTA **Las reglas para el uso de las tablas de descompresión son las mismas para nitrógeno y helio; sin embargo, las tablas NO son intercambiables.**

- Estas tablas están diseñadas para ser usadas con el UBA MK 16 MOD 1.
- Para buceos con HeO₂, purgue bien el UBA con helio-oxígeno usando el procedimiento de purga apropiado del manual de operación y mantenimiento del UBA MK 16 MOD 1.
- Las tablas están agrupadas por profundidad y dentro de cada grupo de profanidad está una línea de exposición excepcional. Estas tablas están diseñadas para ser divididas por la línea de exposición excepcional. Las cédulas debajo de la línea de exposición excepcional se proporcionan para circunstancias imprevistas cuando un buzo pudiera experimentar una excursión descendente inadvertida o por una razón imprevista sobrepasa el tiempo de fondo planeado.
- Las tablas/cédulas son seleccionadas de acuerdo con la máxima profundidad alcanzada durante el buceo y el tiempo de fondo (tiempo desde que se deja la superficie hasta que se deja el fondo).
- Las reglas generales para el uso de estas tablas son las mismas que para las tablas estándar de aire, e incluyen el uso de la regla de excepción de TNR cuando se calcula el tiempo equivalente de buceo sencillo para buceos repetitivos

NOTA **Las designaciones de Grupo de TNR no son intercambiables entre Tablas de Descompresión. No hay procedimientos de buceo repetitivo para convertir TNR entre los diluyentes helio y nitrógeno o SCUBA.**

1. Entre a la tabla a la profundidad enlistada que sea exactamente igual a o la próxima mayor que la máxima profundidad alcanzada durante el buceo.
2. Seleccione el tiempo de fondo de los enlistados para la profundidad seleccionada que sea exactamente igual a o el próximo mayor que el tiempo de fondo del buceo.
3. Nunca intente interpolar entre las cédulas de descompresión.
4. Use las paradas de descompresión enlistadas para el tiempo de fondo seleccionado.
5. Asegúrese que el pecho de los buzos se mantenga tan cerca como sea posible de cada parada de descompresión durante el número de minutos indicados.

6. La máxima velocidad de ascenso es de 30 pies por minuto.
 7. Empiece el tiempo de cada parada al llegar a la profundidad de la parada de descompresión y continúe el ascenso cuando haya terminado el tiempo especificado. No incluya al tiempo de ascenso como parte del tiempo de la parada.
 8. La última parada se tomara en 20 pam. No se permiten paradas a menor profundidad que 20 pam para buceos con 1.3 ata de ppO₂, ya que el sistema electrónico primario cambiará de 1.3 a 0.7 ata de ppO₂ en el ascenso sobre 13 pam.
 9. Utilice siempre la tabla de descompresión apropiada cuando salga a superficie, aún si un mal funcionamiento ha alterado significativamente la ppO₂.
- En situaciones de emergencia (p.ej., inundación o falla del UBA), ascienda inmediatamente a la primera parada de descompresión de acuerdo a la cédula de descompresión original si está más profundo que la primera parada, y cambie al Sistema de Respiración de Emergencia (SRE).
 - Cuando se seleccione la tabla de descompresión adecuada, deben considerarse todos los buceos dentro de las últimas 12 horas. Son permitidos los buceos repetitivos a condición de que sea utilizado el mismo diluyente de los buceos previos. Refiérase a las siguientes tablas:
 - [Figura 18-5](#) por la Hoja de Trabajo para Buceo Repetitivo para Buceos con MK 16 MOD 1 y N₂O₂.
 - [Tabla 18-9](#) por los Límites de No-Descompresión y Designación de Grupo Repetitivo para Buceos con MK 16 MOD 1 y N₂O₂.
 - [Tabla 18-10](#) por la Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos con MK 16 MOD 1 y N₂O₂.
 - [Figura 18-6](#) por la Hoja de Trabajo para Buceo Repetitivo para Buceos con MK 16 MOD 1 y HeO₂.
 - [Tabla 18-12](#) por los Límites de No-Descompresión y Designación de Grupo Repetitivo para Buceos con MK 16 MOD 1 y HeO₂.
 - [Tabla 18-13](#) por la Tabla de Tiempo de Gas Residual para Buceos con MK 16 MOD 1 y HeO₂.
 - [Tabla 18-14](#) Tablas de Descompresión para MK 16 MOD 1 con HeO₂.

18-7.3

Variaciones de la ppO₂. Es esperado que la ppO₂ en el UBA MK 16 MOD 1 varíe ligeramente entre 1.15 – 1.45 ata por breves intervalos irregulares. Esto no constituye un mal funcionamiento. Cuando la adición de oxígeno al UBA es controlado manualmente, la ppO₂ debe mantenerse de acuerdo con las técnicas y procedimientos de emergencia listados en el manual de Operación y Mantenimiento del MK 16 MOD 1.

El Supervisor de Buceo y el personal médico deben reconocer que un buzo que ha estado respirando una mezcla con ppO₂ más bajo que 1.15 ata por cualquier cantidad de tiempo, puede tener un gran riesgo de desarrollar enfermedad de descompresión. El buzo requiere observación después de salir a superficie, pero no necesita ser tratado, a menos que ocurran síntomas de enfermedad de descompresión.

18-7.4 Sistema de Respiración de Emergencia (SRE). El Sistema de Respiración de Emergencia ([Figura 18-3](#)) proporciona una fuente de respiración alterna para los buzos en descompresión en el evento de una falla del MK 16 MOD 1. El SRE consiste en un UBA MK 16 MOD 1 montado sobre un marco de ensamble para SRE y cargado con el mismo gas diluyente para el buceo planeado.

18-7.4.1 Procedimientos para Despliegue de SRE. Sin importar la profundidad de la primera parada de descompresión, el SRE debe bajarse al menos a 40 pam para permitir que el interruptor hidrostático en el sistema electrónico primario cambie de 0.75 a 1.3 ata de ppO₂. Entonces el SRE puede subirse o bajarse a 10 pies debajo de la primera parada de descompresión. Refiérase al Capítulo 3 del manual de Operación y Mantenimiento del MK 16 MOD 1 por los detalles de los procedimientos del SRE.

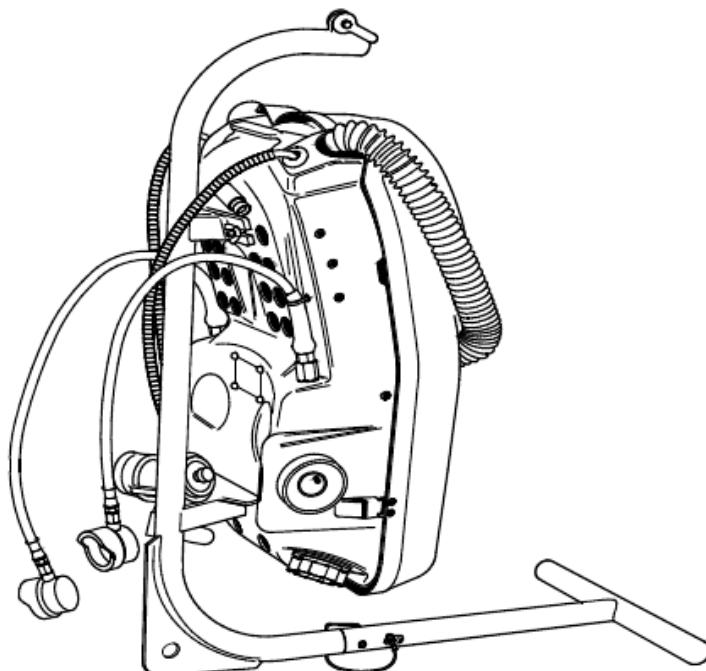


Figura 18-3. Sistema de Respiración de Emergencia.

18-9 PROCEDIMIENTOS POSTERIORES AL BUCEO.

Deben completarse los procedimientos posteriores al buceo de acuerdo con las listas de verificación posteriores al buceo del manual de Operación y Mantenimiento del UBA MK 16 MOD 1.

18-10 ASPECTOS MEDICOS DEL UBA CON MEZCLA DE GASES Y CIRCUITO CERRADO

Cuando se está usando un UBA con mezcla de gases y circuito cerrado, el buzo es susceptible a las enfermedades usuales relacionadas con el buceo (p.ej., enfermedades de descompresión, embolismo gaseoso arterial, barotrauma, etc.). En este capítulo solamente se

dirigen los trastornos de buceo que merecen especial atención para los buzos con mezcla de gases y circuito cerrado. Refiérase al [Capítulo 3](#) para una discusión detallada de la fisiología y los trastornos relacionados al buceo.

Tabla 18-8. Manejo Inicial de Descompresión Omitida en un Buzo Asintomático con MK 16 MOD 1.

Acción				
Parada de Descompresión Omitida más Profunda	Estado de la Descompresión	Intervalo en Superficie	Cámara Disponible	Sin Cámara Disponible
Ninguna	No se requieren paradas de descompresión	NA	Observe en superficie por una hora	Observe en superficie por una hora
20 pam (Nota 1)	Paradas de descompresión requeridas	< 1 minuto	Retorne a la prof. de parada. Incremente al tiempo de parada 1 min. Reasuma la descompresión de acuerdo a la cédula original.	Retorne a la prof. de parada. Incremente al tiempo de parada 1 min. Reasuma la descompresión de acuerdo a la cédula original.
		> 1 minuto	Retorne a la prof. de parada. Multiplique el tiempo de la parada por 1.5. Reasuma la descompresión. O Tabla de Tratamiento 5 para intervalo en superficie < 5 min o Tabla de Tratamiento 6 para intervalo en superficie > 5 min.	Retorne a la prof. de parada. Multiplique el tiempo de la parada por 1.5. Reasuma la descompresión.
Más Profundo que 20 pam (Nota 1)	Parada de descompresión requerida (< 30 min perdidos)	< 5 minutos	Tabla de Tratamiento 5	Descienda a la parada omitida más profunda. Multiplique todas las paradas de 40 pam y menores por 1.5. Reasuma la descompresión.
		> 5 minutos	Tabla de Tratamiento 6	Descienda a la parada omitida más profunda. Multiplique todas las paradas de 40 pam y menores por 1.5. Reasuma la descompresión.
	Parada de descompresión requerida (> 30 min perdidos)	Cualquiera	Tabla de Tratamiento 6	Descienda a la parada omitida más profunda. Multiplique todas las paradas de 40 pam y menores por 1.5. Reasuma la descompresión.

Nota 1: Si el buzo es retornado a una parada de descompresión omitida que es menos profunda que 33 pam, entonces el buzo debe añadir oxígeno manualmente a su UBA para mantener 1.3 ata de ppO₂.

18-10-6.4 Evidencia de Enfermedad de Descompresión o Embolismo Gaseoso Arterial.

Si el buzo muestra evidencia de enfermedad de descompresión o embolismo gaseoso arterial

antes que la recompresión por descompresión omitida pueda ser realizada, es esencial el tratamiento inmediato utilizando la tabla de tratamiento con oxígeno o aire apropiada. La guía para la selección y uso de la tabla está en el [Capítulo 20](#). Los síntomas que se desarrollan durante el tratamiento de la descompresión omitida deben ser manejados de la misma manera que las recurrencias durante el tratamiento.

- 18-10.7** **Enfermedad de Descompresión en el Agua.** Las enfermedades de descompresión se pueden desarrollar en el agua durante un buceo con MK 16 MOD 1. Los síntomas de enfermedad de descompresión pueden ser dolor en las articulaciones o pueden ser manifestaciones más serias tales como entumecimiento, pérdida de la función muscular o vértigo.

El manejo de las enfermedades de descompresión en el agua será difícil en la mejor de las circunstancias. Aquí solamente se pueden presentar guías generales. Las decisiones del manejo deben ser hechas en el sitio, tomando en cuenta todos los factores conocidos. Se debe buscar la asesoría de un Oficial Médico de Buceo siempre que sea posible.

- 18-10.7.1** **Buzo Manteniéndose en el Agua.** Si antes de salir a superficie el buzo señala que tiene enfermedad de descompresión pero siente que puede mantenerse en el agua:

1. Envíe al buzo en espera (stand-by) para asistirlo.
2. El buzo tiene que descender a la profundidad de alivio de los síntomas en incrementos de 10 pam, pero no a más profundo de dos incrementos (ej., 20 pam).
3. Calcule un nuevo perfil de descompresión multiplicando todas las paradas por 1.5. Si la recompresión fue más profunda que la profundidad de la primer parada en la cédula de descompresión original, use un tiempo de parada igual a 1.5 veces la primer parada en la cédula de descompresión original para una o dos paradas más profundas que la primer parada original.
4. Ascienda con el nuevo perfil.
5. Alargue las paradas según sea necesario para controlar los síntomas.
6. Una vez en la superficie, transporte al buzo a la cámara más cercana. Si está asintomático, tráteslo con la [Tabla de Tratamiento 5](#). Si está sintomático, tráteslo de acuerdo con las guías dadas en el [Volumen 5, Capítulo 20 \(Figura 20-2\)](#).

- 18-10.7.2** **Buzo Dejando el Agua.** Si antes de salir a superficie el buzo señala que tiene enfermedad de descompresión pero siente que no puede mantenerse en el agua:

1. Lleve al buzo a la superficie a una velocidad moderada (no exceda 30 pies/min)
2. Si se tiene una cámara de recompresión en el sitio (ej., dentro de 30 minutos), recomprima al buzo inmediatamente. En el [Capítulo 20](#) se dan guías para la selección y uso de las tablas de tratamiento.
3. Si no se tiene una cámara de recompresión en el sitio, siga las guías de manejo dadas en el [Volumen 5](#).

18-11 DATOS DE REFERENCIA DEL EQUIPO DE BUCEO MK 16 MOD 1

La [Figura 18-4](#) señala las capacidades y requerimientos logísticos del sistema de buceo con mezcla de gases UBA MK 16 MOD 1. Los requerimientos mínimos de equipo para la fase de alberca de los buceos realizados en las escuelas de buceo de la Marina y comandos RTD&E MK 16 MOD 1 pueden modificarse como sea necesario. Cualquier modificación a los equipos mínimos requeridos listados aquí, deben anotarse en las guías de lecciones de entrenamiento aprobadas o SOPs.

<p>Características Generales del UBA MK 16 MOD 1</p> <p>Principio de Operación: Sistema autónomo de circuito cerrado con ppO₂ constante</p> <p>Equipo Mínimo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Un Salvavidas o Compensador de Flotabilidad. Cuando se usa un Compensador de Flotabilidad, se requiere una Máscara de cara completa 2. Navaja de Buceo 3. Aletas 4. Visor o Máscara 5. Cinturón de Lastre (como se requiera) 6. Reloj de Buceo o Cronómetro de Buceo/Profundímetro (como se requiera) <p>Aplicaciones Principales:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Operaciones EOD 2. Búsqueda e Inspección 3. Reparaciones ligeras y recuperación <p>Ventajas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Burbujas en superficie mínimas 2. Eficiencia óptima del suministro de gas 3. Portabilidad 4. Excelente movilidad 5. Comunicación (cuando se usa con máscara) 6. Ensamble modularizado 7. Baja firma magnética 8. Baja firma acústica 	<p>Desventajas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Requerimiento de descompresión extenso para tiempos de fondo largos o buceos profundos 2. Protección física y térmica limitada 3. Sin comunicación por voz (a menos que se use máscara) 4. Extensos procedimientos previos y posteriores al buceo <p>Restricciones: Límite de trabajo 150 pies, diluyente N₂O₂ (Aire); 300 pies, diluyente He O₂</p> <p>Consideraciones Operacionales:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Equipo de buceo (Tabla 18-2) 2. Bote(s) de seguridad requerido 3. Debe utilizarse la cedula de descompresión MK 16 MOD 1
---	--

Figura 18-4. Características Generales del UBA MK 16 MOD 1.

**HOJA DE TRABAJO DE BUCEOS REPETITIVOS
PARA BUCEOS CON MK 16 MOD 1 N₂O₂**

Parte 1. Buceo Previo: _____ minutos

_____ pies

_____ designación de grupo repetitivo de la [Tabla 18-9](#).

NO están autorizados buceos repetitivos después
de un buceo N₂O₂ con descompresión

Parte 2. Intervalo en Superficie:

Entre a la sección alta de la [Tabla 18-10](#) en la fila para la designación del grupo repetitivo de la Parte 1 y mueva horizontalmente a la columna en la cual está el intervalo en superficie real o planeado. Lea la designación del grupo repetitivo final en el fondo de esta columna.

_____ horas _____ minutos en la superficie

_____ grupo repetitivo final de la [Tabla 18-10](#)

Parte 3. Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo para el Buceo Repetitivo:

Entre a la sección del fondo de la [Tabla 18-10](#) en la fila de profundidad máxima buceo repetitivo planeado. Mueva horizontalmente a la columna de designación del grupo repetitivo final de la Parte 2 para encontrar el Tiempo de Nitrógeno Residual (TNR). Añada este TNR al tiempo de fondo planeado del buceo repetitivo para obtener el tiempo equivalente de buceo sencillo.

_____ minutos: TNR

+ _____ minutos: tiempo de fondo planeado

= _____ minutos: tiempo equivalente de buceo sencillo

Parte 4. Cédula de Descompresión para el Buceo Repetitivo:

Localice la fila para la profundidad del buceo repetitivo planeado en la [Tabla 18-9](#). Muévase horizontalmente a la columna con el tiempo de fondo igual o justo mayor que el tiempo equivalente de buceo sencillo y lea el grupo repetitivo en superficie para el buceo repetitivo en lo alto de la columna. Si el tiempo equivalente de buceo sencillo excede el límite de no-descompresión, localice la fila para la profundidad y tiempo equivalente de buceo sencillo en la [Tabla 18-11](#). Lea las paradas de descompresión requeridas y grupo repetitivo en superficie de las columnas a la derecha a lo largo de esta fila.

_____ minutos: tiempo equivalente de buceo sencillo
de la Parte 3

_____ pies: profundidad del buceo repetitivo

_____ Cédula (profundidad/tiempo de fondo) de la [Tabla 18-9](#) o [Tabla 18-11](#).

Figura 18-5. Hoja de Trabajo para Buceos con MK 16 MOD 1 N₂O₂

Tabla 18-9. Límites de No-Descompresión y Designación de Grupo Repetitivo para Buceos de No-descompresión con MK 16 MOD 1 N₂O₂. Velocidades: Descenso 60 pies/min, Ascenso 30 pies/min.

DESIGNACIÓN DE GRUPO REPETITIVO TIEMPO DE FONDO (MIN)																	
Profundidad (pam)	Limite de No-Paradas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z
20 ¹	240	153	240														
30 ¹	240	31	50	72	98	128	164	210	240								
40 ¹	240	88	168	240													
50 ¹	240	27	44	63	84	108	136	169	210	240							
60 ¹	240	16	25	36	46	58	70	83	97	113	130	149	170	194	222	240	
70	130	11	18	25	32	39	47	55	64	73	83	93	103	115	127	130	
80	70	9	14	19	24	30	36	42	48	54	61	68	70				
90	50	7	11	15	20	24	29	33	38	43	48	50					
100	39	6	9	13	16	20	24	28	32	36	39						
110	32	5	8	11	14	17	20	24	27	30	32						
120	27	4	7	9	12	15	18	20	23	26	27						
130	23	3	6	8	11	13	16	18	21	23							
140	21	3	5	7	9	12	14	16	18	21							
150	17	3	5	6	8	10	12	15	17								
Exposición Excepcional		-----															
160	15	3	4	6	8	9	11	13	15								
170	13	3	4	5	7	9	10	12	13								
180	12			3	5	6	8	9	11	12							
190	10			3	4	6	7	9	10								

Nota 1: Debido a la preocupación de toxicidad pulmonar por O₂, los límites de no descompresión para estas profundidades está limitado a 240 minutos.

**Tabla 18-10. Tabla de Tiempo de Nitrógeno Residual para Buceos con MK 16 MOD 1 N₂O₂.
Todos los tiempos en horas: minutos**

A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 2:20				
B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 1:16	1:17 3:36				
C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:55	0:56 2:11	2:12 4:31			
D	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:52	0:53 1:47	1:48 3:03	3:04 5:23		
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:52	0:53 1:44	1:45 2:39	2:40 3:55	3:56 6:15	
F	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:31	3:32 4:48	4:49 7:08
G	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:23	4:24 5:40	5:41 8:00	
H	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:16	5:17 6:32	6:33 8:52
I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	5:14 6:08	6:09 7:24	7:25 9:44		
J	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	5:14 6:06	6:07 7:00	7:01 8:16	8:17 10:36		
K	—	—	—	—	—	0:00 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	5:14 6:06	6:07 6:58	6:59 7:52	7:53 9:09	9:10 11:29				
L	—	—	—	—	—	0:00 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	5:14 6:06	6:07 6:58	6:59 7:50	7:51 8:44	8:45 10:01	10:02 12:21			
M	—	—	—	—	0:00 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	5:14 6:06	6:07 6:58	6:59 7:50	7:51 8:42	8:43 9:37	9:38 10:53	10:54 13:13			
N	—	—	—	—	0:00 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	5:14 6:06	6:07 6:58	6:59 7:50	7:51 8:42	8:43 9:34	9:35 10:29	10:30 11:45	11:46 14:05		
O	—	0:00 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	5:14 6:06	6:07 6:58	6:59 7:50	7:51 8:42	8:43 9:34	9:35 10:27	10:28 11:21	11:22 12:37	12:38 14:58				
Z	0:00 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	5:14 6:06	6:07 6:58	6:59 7:50	7:51 8:42	8:43 9:34	9:35 10:27	10:28 11:19	11:20 12:13	12:14 13:30	13:31 15:50				

FINAL	Z	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	
TIEMPO DE NITROGENO RESIDUAL (MIN) PARA BUCEO REPETITIVO CON MK 16 MOD 1 N₂O₂																	
PROF. (PAM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	240	153	
30	—	—	—	—	—	—	—	—	240	210	164	128	98	72	50	31	
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	240	168	88
50	—	—	—	—	—	—	—	—	240	210	169	136	108	84	63	44	27
60	—	240	222	194	170	149	130	113	97	83	70	58	46	36	25	16	
70	154	140	127	115	103	93	83	73	64	55	47	39	32	25	18	11	
80	107	98	90	82	75	68	61	54	48	42	36	30	24	19	14	9	
90	82	76	70	64	59	53	48	43	38	33	29	24	20	15	11	7	
100	67	62	57	53	48	44	40	36	32	28	24	20	16	13	9	6	
110	56	52	48	45	41	37	34	30	27	24	20	17	14	11	8	5	
120	49	45	42	39	35	32	29	26	23	20	18	15	12	9	7	4	
130	43	40	37	34	31	29	26	23	21	18	16	13	11	8	6	3	
140	38	35	33	30	28	26	23	21	18	16	14	12	9	7	5	3	
150	34	32	30	27	25	23	21	19	17	15	12	10	8	6	5	3	
160	31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	8	6	4	3	
170	28	27	25	23	21	19	17	16	14	12	10	9	7	5	4	3	
180	26	24	23	21	19	18	16	14	13	11	9	8	6	5	3	3	
190	24	23	21	19	18	16	15	13	12	10	9	7	6	4	3	3	

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂
VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
40	240	1:20							0	0	1:20	C
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	390	1:20							0	0	1:20	
50	240	1:40							0	0	1:40	I
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	390	1:40							0	0	1:40	
60	240	2:00								0	2:00	O
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	297	2:00								0	2:00	
	300	1:20								1	3:00	
	310	1:20								2	4:00	
	320	1:20								3	5:00	
	330	1:20								4	6:00	
	340	1:20								5	7:00	
	350	1:20								6	8:00	
	360	1:20								7	9:00	
	370	1:20								8	10:00	
	380	1:20								9	11:00	
	390	1:20								10	12:00	

NOTA 1: Debido a la preocupación por la toxicidad pulmonar por O₂, los límites de no-descompresión para estas profundidades está limitado a 240 minutos.

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
70	130	2:20							0	0	2:20	O
	140	1:40							3	0	5:20	O
	150	1:40							6	0	8:20	O
	160	1:40							8	0	10:20	Z
	170	1:40							10	0	12:20	Z
	180	1:40							12	0	14:20	Z
	190	1:40							14	0	16:20	Z
	200	1:40							16	0	18:20	Z
	210	1:40							19	0	21:20	Z
	220	1:40							22	0	24:20	Z
	230	1:40							24	0	26:20	Z
	240	1:40							26	0	28:20	Z
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	250	1:40							29	0	31:20	
	260	1:40							31	0	33:20	
	270	1:40							33	0	35:20	
	280	1:40							35	0	37:20	
	290	1:40							36	0	38:20	
	300	1:40							38	0	40:20	
	310	1:40							40	0	42:20	
	320	1:40							42	0	44:20	
	330	1:40							44	0	46:20	
	340	1:40							46	0	48:20	
	350	1:40							49	0	51:20	

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂
VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
80	70	2:40							0	0	2:40	L
	75	2:00							2	0	4:40	L
	80	2:00							3	0	5:40	M
	85	2:00							5	0	7:40	M
	90	2:00							6	0	8:40	N
	95	2:00							7	0	9:40	N
	100	2:00							8	0	10:40	N
	110	2:00							12	0	14:40	O
	120	2:00							16	0	18:40	O
	130	2:00							20	0	22:40	Z
	140	2:00							24	0	26:40	Z
	150	2:00							27	0	29:40	Z
	160	2:00							30	0	32:40	Z
	170	2:00							34	0	36:40	Z
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	180	2:00							39	0	41:40	
	190	2:00							43	0	45:40	
	200	2:00							47	0	49:40	
	210	2:00							50	0	52:40	
	220	2:00							54	0	56:40	
	230	2:00							57	0	59:40	
	240	2:00							60	0	62:40	
	250	2:00							63	0	65:40	
	260	2:00							66	0	68:40	
	270	2:00							70	0	72:40	
	280	2:00							74	0	76:40	
	290	2:00							77	0	79:40	
	300	2:00							81	0	83:40	
	310	2:00							84	0	86:40	
	320	2:00							87	0	89:40	

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
90	50	3:00							0	0	3:00	K
	55	2:20							3	0	6:00	K
	60	2:20							6	0	9:00	L
	65	2:20							8	0	11:00	L
	70	2:20							10	0	13:00	M
	75	2:20							13	0	16:00	M
	80	2:20							14	0	17:00	N
	85	2:20							16	0	19:00	N
	90	2:20							18	0	21:00	O
	95	2:20							21	0	24:00	O
	100	2:20							24	0	27:00	O
	110	2:20							30	0	33:00	O
	120	2:20							35	0	38:00	Z
	130	2:20							40	0	43:00	Z
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
100	140	2:20							45	0	48:00	
	150	2:20							51	0	54:00	
	160	2:20							57	0	60:00	
	170	2:00						1	61	0	65:00	
	180	2:00						2	65	0	70:00	
	190	2:00						2	70	0	75:00	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	30	3:20							0	0	3:20	J
	40	2:40							1	0	4:20	J
	45	2:40							5	0	8:20	K
	50	2:40							9	0	12:20	L
	55	2:40							12	0	15:20	L
	60	2:40							15	0	18:20	M
	65	2:40							18	0	21:20	M
	70	2:40							21	0	24:20	N
	75	2:40							23	0	26:20	N
	80	2:40							26	0	29:20	O
	85	2:40							30	0	33:20	O
	90	2:40							34	0	37:20	O
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	95	2:20						1	37	0	41:20	
	100	2:20						3	38	0	44:20	
	110	2:20						6	42	0	51:20	
	120	2:20						8	46	0	57:20	

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂
VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
110	32	3:40							0	0	3:40	J
	35	3:00							3	0	6:40	J
	40	3:00							8	0	11:40	K
	45	3:00							13	0	16:40	L
	50	3:00							17	0	20:40	L
	55	3:00							21	0	24:40	M
	60	3:00							25	0	28:40	M
	65	3:00							28	0	31:40	N
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
120	70	2:40						1	30	0	34:40	
	75	2:40						4	32	0	39:40	
	80	2:40						7	34	0	44:40	
	85	2:40						9	36	0	48:40	
	90	2:40						11	39	0	53:40	
	95	2:40						13	41	0	57:40	
	100	2:40						15	43	0	61:40	
	110	2:20					3	15	49	0	70:40	
	120	2:20					6	15	56	0	80:40	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
120	27	4:00							0	0	4:00	I
	30	3:20							4	0	8:00	J
	35	3:20							10	0	14:00	K
	40	3:20							16	0	20:00	L
	45	3:20							21	0	25:00	L
	50	3:20							26	0	30:00	M
	55	3:20							30	0	34:00	M
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----											
	60	3:00						4	30	0	38:00	
	65	3:00						8	30	0	42:00	
	70	3:00						12	32	0	48:00	
	75	3:00						15	35	0	54:00	
	80	2:40					3	15	37	0	59:00	
	85	2:40					5	15	41	0	65:00	
	90	2:40					8	15	43	0	70:00	
	95	2:40					10	15	46	0	75:00	
	100	2:40					12	15	50	0	81:00	

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
130	23	4:20							0	0	4:20	I
	25	3:40							2	0	6:20	J
	30	3:40							10	0	14:20	K
	35	3:40							17	0	21:20	K
	40	3:40							23	0	27:20	L
	45	3:40							29	0	33:20	M
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
140	50	3:20							4	30	0	38:20
	55	3:20							9	30	0	43:20
	60	3:20							14	29	0	47:20
	65	3:00						3	15	33	0	55:20
	70	3:00						7	15	36	0	62:20
	75	3:00						11	14	39	0	68:20
	80	3:00						14	14	42	0	74:20
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
	21	4:40							0	0	4:40	I
	25	4:00							7	0	11:40	J
	30	4:00							15	0	19:40	K
	35	4:00							23	0	27:40	L
	40	3:40							2	28	0	34:40
	45	3:40							7	30	0	41:40
	50	3:20						1	12	29	0	46:40
	55	3:20						4	14	30	0	52:40
	60	3:20						9	14	33	0	60:40
	65	3:20						13	15	36	0	68:40
	70	3:00					3	14	15	39	0	75:40
	75	3:00				6	15	15	44	0	84:40	
	80	3:00				10	15	14	50	0	93:40	

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂
VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO
			80	70	60	50	40	30	20	10		
150	17	5:00							0	0	5:00	H
	20	4:20							3	0	8:00	I
	25	4:20							13	0	18:00	J
	30	4:20							22	0	27:00	K
	35	4:00						3	27	0	35:00	L
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
160	40	4:00						8	29	0	42:00	
	45	3:40					3	12	29	0	49:00	
	50	3:40					7	14	30	0	56:00	
	55	3:20				2	10	15	33	0	65:00	
	60	3:20				4	14	15	36	0	74:00	
	70	3:20				13	14	15	46	0	93:00	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												
170	15	5:20							0	0	5:20	H
	20	4:40							7	0	12:20	J
	25	4:20						1	17	0	23:20	K
	30	4:20						3	24	0	32:20	L
	35	4:00					1	7	28	0	41:20	
	40	4:00					5	10	30	0	50:20	
	45	3:40				2	7	13	29	0	57:20	
	50	3:40				5	10	15	32	0	67:20	
	55	3:20			1	7	13	15	36	0	77:20	
	60	3:20			3	10	14	15	41	0	88:20	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----												

Tabla 18-11. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 N₂O₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPOS DE PARADA (MIN)								TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO	
			80	70	60	50	40	30	20	10			
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----													
180		12	6:00						0	0	6:00	H	
		15	5:20						4	0	10:00	I	
		20	5:00					2	14	0	22:00	K	
		25	4:40				3	3	22	0	34:00	L	
		30	4:20			2	3	7	27	0	45:00		
		35	4:00		1	3	7	9	30	0	56:00		
		40	4:00		2	7	7	14	30	0	66:00		
		45	4:00		6	7	11	14	35	0	79:00		
		50	3:40	2	7	8	15	14	40	0	92:00		
		55	3:40		5	7	13	14	15	48	0	108:00	
		60	3:20	1	7	9	14	15	15	56	0	123:00	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----													
190		10	6:20						0	0	6:20	G	
		15	5:40						6	0	12:20	J	
		20	5:00				1	4	15	0	26:20	K	
		25	4:40			2	3	4	24	0	39:20		
		30	4:20		1	4	5	7	28	0	51:20		
		35	4:20		4	5	7	11	29	0	62:20		
		40	4:00	2	5	7	8	15	34	0	77:20		
		45	4:00		4	7	8	13	14	39	0	91:20	
		50	3:40	1	7	7	10	15	15	47	0	108:20	
		55	3:40	4	7	8	14	15	15	56	0	125:20	
		60	3:40	7	7	12	15	14	15	65	0	141:20	

**HOJA DE TRABAJO DE BUCEOS REPETITIVOS
PARA BUCEOS CON MK 16 MOD 1 HeO₂**

Parte 1. Buceo Previo: _____ minutos
_____ pies
_____ designación de grupo repetitivo de la [Tabla 18-12](#)
si el buceo fue de no-descompresión, o de la
[Tabla 18-14](#) si fue un buceo con descompresión.

Parte 2. Intervalo en Superficie:

Entre a la sección alta de la [Tabla 18-13](#) en la fila para la designación del grupo repetitivo de la Parte 1 y mueva horizontalmente a la derecha a la columna en la cual está el intervalo en superficie igual o justo mayor que el real o planeado. Lea la designación del grupo repetitivo en el fondo de esta columna.

_____ horas _____ minutos en la superficie
_____ grupo repetitivo final de la [Tabla 18-13](#)

Parte 3. Tiempo Equivalente de Buceo Sencillo para el Buceo Repetitivo:

Entre a la sección del fondo de la [Tabla 18-13](#) en la fila de profundidad máxima del buceo repetitivo planeado. Mueva horizontalmente a la derecha a la columna de designación del grupo repetitivo final de la Parte 2 para encontrar el Tiempo de Gas Residual (TGR). Añada este TGR al tiempo de fondo planeado del buceo repetitivo para obtener el tiempo equivalente de buceo sencillo.

_____ minutos: TGR
+ _____ minutos: tiempo de fondo planeado
= _____ minutos: tiempo equivalente de buceo sencillo

Parte 4. Cédula de Descompresión para el Buceo Repetitivo:

Localice la fila para la profundidad del buceo repetitivo planeado en la [Tabla 18-12](#). Muévase horizontalmente a la derecha a la columna con el tiempo de fondo igual o justo mayor que el tiempo equivalente de buceo sencillo y lea el grupo repetitivo en superficie para el buceo repetitivo en lo alto de la columna. Si el tiempo equivalente de buceo sencillo excede el límite de no-descompresión, localice la fila para la profundidad y tiempo equivalente de buceo sencillo en la [Tabla 18-14](#). Lea las paradas de descompresión requeridas y grupo repetitivo en superficie de las columnas a la derecha a lo largo de esta fila.

_____ minutos: tiempo equivalente de buceo sencillo
de la Parte 3
_____ pies: profundidad del buceo repetitivo
_____ Cédula (profundidad/tiempo de fondo) de la [Tabla 18-14](#) si es un buceo con descompresión.

Figura 18-5. Hoja de Trabajo para Buceos con MK 16 MOD 1 HeO₂

Tabla 18-12. Límites de No-Descompresión y Designación de Grupo Repetitivo para Buceos de No-descompresión con MK 16 MOD 1 HeO₂. Velocidades: Descenso 60 pies/min, Ascenso 30 pies /min.

DESIGNACIÓN DE GRUPO REPETITIVO TIEMPO DE FONDO (MIN)																	
Profundidad (pam)	Limite de No- Paradas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z
20 ¹	240	129	240														
30 ¹	240	27	43	60	78	100	124	152	185	227	240						
40 ¹	240	122	240														
50 ¹	240	27	43	59	78	99	123	150	183	223	240						
60	134	15	23	32	41	51	61	71	83	95	108	123	134				
70	86	11	16	22	28	34	41	47	54	61	69	77	85	86			
80	63	8	12	17	21	26	30	35	40	45	51	56	62	63			
90	44	6	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44					
100	31	5	8	11	14	17	20	23	26	30	31						
110	24	4	7	9	12	14	17	20	22	24							
120	20	4	6	8	10	13	15	17	19	20							
130	17	3	5	7	9	11	13	15	17								
140	15	3	4	6	8	10	12	13	15								
150	13	3	4	6	7	9	10	12	13								
160	12		3	5	6	8	9	11	12								
170	11		3	4	6	7	9	10	11								
180	10		3	4	5	6	8	9	10								
190	9		3	4	5	6	7	8	9								
200	8			3	4	5	7	8									

Nota 1: Debido a la preocupación de toxicidad pulmonar por O₂, los límites de no descompresión para estas profundidades está limitado a 240 minutos.

Tabla 18-13. Tabla de Crédito de Intervalo en Superficie y Tiempo de Gas Residual para MK 16 MOD 1 HeO₂.

A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 2:01
B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 1:11 1:10 3:11	
C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:51 0:50 2:01 4:01	
D	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:42 0:43 1:32 2:43 2:44		
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:42 0:43 1:25 2:15 3:25 5:26			
F	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:42 0:43 1:25 2:07 2:08 2:57 4:08 4:09 6:08				
G	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:42 0:43 1:25 2:07 2:08 2:50 3:40 4:41						
H	—	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:42 0:43 1:25 2:07 2:08 2:50 3:33 4:23 5:33							
I	—	—	—	—	—	—	—	0:00 0:42 0:43 1:25 2:07 2:08 2:50 3:33 4:15 5:05 6:16								
J	—	—	—	—	—	—	0:00 0:42 0:43 1:25 2:07 2:08 2:50 3:33 4:15 5:47 6:57 6:58									
K	—	—	—	—	—	0:00 0:42 0:43 1:25 2:07 2:08 2:50 3:33 4:15 5:40 6:30 7:40										
L	—	—	—	—	0:00 0:42 0:43 1:25 2:07 2:08 2:50 3:33 4:15 5:47 6:22 7:12 8:23											
M	—	—	—	—	0:00 0:42 0:43 1:25 2:07 2:08 2:50 3:33 4:15 5:40 6:22 7:04 7:54											
N	—	—	—	—	0:00 0:42 0:43 1:25 2:07 2:08 2:50 3:33 4:15 5:40 6:22 7:04 7:47 8:37 9:47											
O	—	0:00 0:42	0:43 1:25	1:26 2:07	2:08 2:49	2:50 3:32	3:33 4:14	4:15 4:56 5:40 6:21	4:57 5:39 5:40 6:21	5:40 6:22 7:04 7:46 8:36 9:46	6:22 7:04 7:47 8:36 9:46 11:47	7:04 7:46 8:36 9:46 10:30 12:29				
Z	0:00 0:42	0:43 1:25	1:26 2:07	2:08 2:49	2:50 3:32	4:33 4:14	4:15 4:56 5:39	5:40 6:21 7:03	6:22 7:04 7:46 8:28	8:29 9:10	9:11 10:00	10:11 11:11	11:12 13:12			

FINAL Z O N M L K J I H G F E D C B A

PROF. (PAM)	TIEMPO DE NITROGENO RESIDUAL (MIN) PARA BUCEO REPETITIVO CON MK 16 MOD 1 HeO ₂																	
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	240	129
30	—	—	—	—	—	—	240	227	185	150	124	100	78	60	43	27		
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	240	122
50	—	—	—	—	—	—	240	223	183	150	123	99	78	59	43	27		
60	220	195	174	155	138	123	108	95	83	71	61	51	41	32	23	15		
70	123	112	103	94	85	77	69	61	54	47	41	34	28	22	16	11		
80	86	80	74	67	62	56	51	45	40	35	30	26	21	17	12	8		
90	67	62	57	53	48	44	40	36	32	28	24	20	17	13	10	6		
100	54	51	47	43	40	36	33	30	26	23	20	17	14	11	8	5		
110	46	43	40	37	34	31	28	25	22	20	17	14	12	9	7	4		
120	40	37	34	32	29	27	24	22	19	17	15	13	10	8	6	4		
130	35	32	30	28	26	24	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3		
140	31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	12	10	8	6	4	3		
150	28	26	24	22	21	19	17	15	14	12	10	9	7	6	4	3		
160	25	24	22	20	19	17	16	14	12	11	9	8	6	5	3	3		
170	23	22	20	19	17	16	14	13	11	10	9	7	6	4	3	3		
180	21	20	19	17	16	14	13	12	10	9	8	6	5	4	3	3		
190	20	18	17	16	15	13	12	11	10	8	7	6	5	4	3	3		
200	18	17	16	15	13	12	11	10	9	8	7	5	4	3	3	3		

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂
VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO	
		170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20		
40	238 1:20																0 0	1:20	B
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			C
	720 1:20															0 0	1:20		
50	238 1:40																0 0	1:40	J
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			
	325 1:40															0 0	1:40	K	
	330 1:00															1 0	2:40	K	
	340 1:00															2 0	3:40	K	
	350 1:00															3 0	4:40	K	
	360 1:00															4 0	5:40	K	
60	134 2:00															0 0	2:00	L	
	140 1:20															3 0	5:00	L	
	150 1:20															8 0	10:00	L	
	160 1:20															12 0	14:00	L	
	170 1:20															16 0	18:00	L	
	180 1:20															20 0	22:00	K	
	190 1:20															24 0	26:00	K	
	200 1:20															27 0	29:00	K	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			
	210 1:20															31 0	33:00	K	
	220 1:20															34 0	36:00	K	
	230 1:20															37 0	39:00	J	
	240 1:20															39 0	41:00	J	
	250 1:20															42 0	44:00	J	
	260 1:20															45 0	47:00	J	
	270 1:20															47 0	49:00	J	
	280 1:20															49 0	51:00	J	
	290 1:20															51 0	53:00	J	
	300 1:20															53 0	55:00	J	
	310 1:20															55 0	57:00	J	
	320 1:20															57 0	59:00	I	
	330 1:20															59 0	61:00	I	
	340 1:20															61 0	63:00	I	
	350 1:20															64 0	66:00	I	
	360 1:20															66 0	68:00	I	

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂
VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER PARADA (min.)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO	
		170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20		
70	86	2:20															0	0	2:20 M
	90	1:40															3	0	5:20 M
	95	1:40															7	0	9:20 L
	100	1:40															12	0	14:20 L
	110	1:40															19	0	21:20 L
	120	1:40															26	0	28:20 L
	130	1:40															33	0	35:20 K
	140	1:40															39	0	41:20 K
	150	1:40															45	0	47:20 K
	160	1:40															50	0	52:20 K
	170	1:40															55	0	57:20 J
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			
80	180	1:40															60	0	62:20 J
	190	1:40															64	0	66:20 J
	200	1:40															68	0	70:20 J
	210	1:40															72	0	74:20 J
	220	1:40															76	0	78:20 I
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			
	63	2:40															0	0	2:40 M
	65	2:00															2	0	4:40 M
	70	2:00															8	0	10:40 L
	75	2:00															13	0	15:40 L
	80	2:00															19	0	21:40 L
	85	2:00															24	0	26:40 L
	90	2:00															29	0	31:40 L
	95	2:00															34	0	36:40 L
	100	2:00															39	0	41:40 K
	110	2:00															47	0	49:40 K
	120	2:00															56	0	58:40 K
	130	2:00															63	0	65:40 K
	140	2:00															70	0	72:40 J
	150	2:00															76	0	78:40 J
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			
	160	2:00															82	0	84:40 J
	170	2:00															88	0	90:40 J
	180	2:00															93	0	95:40 I
	190	2:00															98	0	100:40 I

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO PARADA (min.)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO		
		170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20			
90	44	3:00														0	0	3:00	K	
	45	2:20														1	0	4:00	K	
	50	2:20														2	0	5:00	L	
	55	2:20														7	0	10:00	M	
	60	2:20														15	0	18:00	L	
	65	2:20														22	0	25:00	L	
	70	2:20														29	0	32:00	L	
	75	2:20														35	0	38:00	L	
	80	2:20														41	0	44:00	L	
	85	2:20														47	0	50:00	K	
	90	2:20														53	0	56:00	K	
	95	2:20														58	0	61:00	K	
	100	2:20														63	0	66:00	K	
	110	2:20														73	0	76:00	J	
	120	2:20														82	0	85:00	J	
	130	2:20														90	0	93:00	J	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
100	140	2:20														97	0	100:00	J	
	150	2:20														104	0	107:00	J	
	160	2:20														112	0	115:00	I	
	31	3:20														0	0	3:20	J	
	35	2:40														2	0	5:20	K	
	40	2:40														4	0	7:20	L	
	45	2:40														6	0	9:20	M	
	50	2:40														16	0	19:20	L	
	55	2:40														24	0	27:20	L	
	60	2:40														33	0	36:20	L	
	65	2:40														40	0	43:20	L	
	70	2:40														48	0	51:20	K	
	75	2:40														55	0	58:20	K	
	80	2:40														62	0	65:20	K	
	85	2:40														68	0	71:20	K	
	90	2:40														74	0	77:20	K	
	95	2:40														80	0	83:20	J	
	100	2:40														85	0	88:20	J	
	110	2:40														96	0	99:20	J	
	120	2:40														105	0	108:20	J	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
	130	2:20														1	114	0	118:20	I
	140	2:20														1	123	0	127:20	I

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER PARADA (min.)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO	
		170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20		
110	24	3:40															0	0	3:40 I
	25	3:00															1	0	4:40 I
	30	3:00															4	0	7:40 J
	35	3:00															7	0	10:40 L
	40	3:00															10	0	13:40 M
	45	3:00															21	0	24:40 L
	50	3:00															31	0	34:40 L
	55	3:00															40	0	43:40 L
	60	2:40															1	49	0 53:40 K
	65	2:40															2	56	0 61:40 K
	70	2:40															3	63	0 69:40 K
	75	2:40															4	70	0 77:40 K
	80	2:40															5	77	0 85:40 J
	85	2:40															5	83	0 91:40 J
	90	2:40															6	89	0 98:40 J
	95	2:40															6	95	0 104:40 J
	100	2:40															6	101	0 110:40 J
	110	2:40															7	111	0 121:40 J
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			
120	120	2:40															7	123	0 133:40
	130	2:40															7	136	0 146:40
	140	2:40															1	7	148 0 159:40
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			
120	20	4:00															0	0	4:00 I
	25	3:20															4	0	8:00 J
	30	3:20															8	0	12:00 K
	35	3:20															12	0	16:00 M
	40	3:20															23	0	27:00 L
	45	3:00															2	33	0 39:00 L
	50	3:00															4	43	0 51:00 L
	55	3:00															6	51	0 61:00 K
	60	3:00															7	60	0 71:00 K
	65	2:40															1	7	68 0 80:00 K
	70	2:40															2	7	76 0 89:00 K
	75	2:40															3	7	83 0 97:00 J
	80	2:40															4	7	90 0 105:00 J
	85	2:40															5	7	97 0 113:00 J
	90	2:40															5	7	103 0 119:00 J
	95	2:40															6	7	109 0 126:00 J
	100	2:40															6	7	116 0 133:00 Z
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																			
120	110	2:40															6	7	130 0 147:00
	120	2:40															7	7	145 0 163:00

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO					
			170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20						
130	17	4:20															0	0	4:20	H				
	20	3:40															3	0	7:20	I				
	25	3:40															8	0	12:20	K				
	30	3:40															13	0	17:20	L				
	35	3:20															2	21	0	27:20	L			
	40	3:20															5	32	0	41:20	L			
	45	3:00															1	7	42	0	54:20	L		
	50	3:00															3	7	53	0	67:20	K		
	55	3:00															5	7	62	0	78:20	K		
	60	3:00															6	7	71	0	88:20	K		
	65	2:40															1	7	7	80	0	99:20	J	
	70	2:40															2	7	7	88	0	108:20	J	
	75	2:40															3	7	7	96	0	117:20	J	
	80	2:40															3	7	7	104	0	125:20	J	
	85	2:40															4	7	7	111	0	133:20	J	
	90	2:40															5	7	7	118	0	141:20	Z	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																								
	95	2:40															5	7	7	126	0	149:20		
	100	2:40															5	8	7	135	0	159:20		
	110	2:40															6	7	7	151	0	175:20		
	120	2:40															7	7	8	158	0	194:20		
140	15	4:40															0	0	4:40	H				
	20	4:00															7	0	11:40	J				
	25	4:00															12	0	16:40	K				
	30	3:40															2	16	0	22:40	M			
	35	3:40															7	28	0	39:40	L			
	40	3:20															3	7	41	0	55:40	L		
	45	3:20															6	7	52	0	69:40	K		
	50	3:00															1	7	7	63	0	82:40	K	
	55	3:00															3	7	7	74	0	95:40	K	
	60	3:00															5	7	7	83	0	106:40	J	
	65	3:00															7	7	7	92	0	117:40	J	
	70	2:40															1	7	7	7	101	0	127:40	J
	75	2:40															2	7	7	7	109	0	136:40	J
	80	2:40															3	7	7	7	117	0	145:40	Z
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																								
	85	2:40															3	8	7	7	126	0	155:40	
	90	2:40															4	7	7	7	137	0	166:40	
	95	2:40															5	7	7	7	146	0	176:40	
	100	2:40															5	7	7	8	154	0	185:40	

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER PARADA (min.)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO				
		170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20					
150	13	5:00														0	0	5:00	H			
	15	4:20														3	0	8:00	H			
	20	4:20														10	0	15:00	J			
	25	4:00														2	14	0	21:00	L		
	30	4:00														7	23	0	35:00	L		
	35	3:40													4	7	37	0	53:00	L		
	40	3:20													1	7	7	50	0	70:00	K	
	45	3:20													4	7	7	63	0	86:00	K	
	50	3:20													7	7	7	74	0	100:00	K	
	55	3:00													2	7	7	85	0	113:00	J	
	60	3:00													4	7	7	7	95	0	125:00	J
	65	3:00													6	7	7	7	104	0	136:00	J
	70	3:00													7	7	7	7	114	0	147:00	I
	75	2:40													1	7	7	7	124	0	158:00	Z
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																						
160	80	2:40													2	7	7	7	135	0	170:00	
	85	2:40													3	7	7	7	146	0	182:00	
	90	2:40													4	7	7	8	155	0	193:00	
160	12	5:20															0	0	5:20	H		
	15	4:40															5	0	10:20	I		
	20	4:40															13	0	18:20	K		
	25	4:20														6	15	0	26:20	M		
	30	4:00													4	7	31	0	47:20	L		
	35	3:40													2	7	7	46	0	67:20	L	
	40	3:40													6	7	7	60	0	85:20	K	
	45	3:20													2	8	7	73	0	102:20	J	
	50	3:20													5	7	7	8	84	0	116:20	J
	55	3:00													1	7	7	7	96	0	130:20	J
	60	3:00													3	7	7	7	107	0	143:20	J
	65	3:00													5	7	7	7	117	0	155:20	
	70	3:00													6	7	7	7	129	0	168:20	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																						
	75	3:00													7	7	8	7	141	0	182:20	
	80	2:40													1	7	8	7	153	0	195:20	
	85	2:40													2	7	7	7	16	157	0	208:20
	90	2:40													3	7	7	7	25	161	0	222:20

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE FONDO (min.)	TIEMPO A LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO					
			170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20						
170	11	5:40															0	0	5:40	H				
	15	5:00															8	0	13:40	I				
	20	4:40															2	15	0	22:40	K			
	25	4:20															2	7	22	0	36:40	L		
	30	4:00														1	8	7	38	0	59:40	L		
	35	4:00														7	7	7	55	0	81:40	K		
	40	3:40														4	7	7	7	70	0	100:40	K	
	45	3:20														1	7	7	7	83	0	117:40	J	
	50	3:20														4	7	7	7	96	0	133:40	J	
	55	3:20														7	7	7	7	108	0	148:40	J	
	60	3:00														2	7	7	7	7	119	0	161:40	Z

EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----

65	3:00															4	7	7	7	7	134	0	178:40	
70	3:00															5	7	7	7	7	8	146	0	192:40
75	3:00															7	7	7	7	7	11	156	0	207:40
80	2:40															1	7	7	7	7	22	160	0	223:40

180

10	6:00																0	0	6:00		H					
15	5:20																11	0	17:00		J					
20	5:00																6	14	0	26:00		L				
25	4:40																6	7	29	0	48:00		L			
30	4:20															6	7	7	47	0	73:00		K			
35	4:00															4	7	7	7	64	0	95:00		K		
40	3:40															2	7	7	7	7	79	0	115:00		J	
45	3:40															6	7	7	7	7	94	0	134:00		J	
50	3:20															2	7	8	7	7	107	0	151:00		J	
55	3:20															5	7	7	7	7	8	119	0	166:00		Z

EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----

60	3:00															1	7	7	7	7	7	136	0	185:00		
65	3:00															3	7	7	7	7	7	151	0	202:00		
70	3:00															5	7	7	7	7	7	16	158	0	220:00	

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER PARADA (min.)	TIEMPO A FONDO (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO			
			170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20				
190	9	6:20															0	0	6:20	H		
	10	5:40															2	0	8:20	H		
	15	5:40															14	0	20:20	J		
	20	4:40													1	1	7	16	0	31:20	M	
	25	3:20									1	0	0	0	2	7	7	37	0	60:20	L	
	30	3:00								1	0	0	1	1	7	7	7	56	0	86:20	K	
	35	2:40							1	0	0	1	0	7	7	7	7	74	0	110:20	J	
	40	2:20						1	0	0	0	1	5	7	7	8	7	90	0	132:20	J	
	45	2:20					1	0	0	0	4	7	7	7	7	7	105	0	151:20	J		
	50	2:20				1	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	119	0	168:20	I		
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																						
200	55	2:20						1	0	0	3	7	7	7	7	7	7	137	0	189:20		
	60	2:20						1	0	0	6	7	7	7	7	7	7	153	0	208:20		
	65	2:20						1	0	1	7	7	7	7	7	7	19	159	0	228:20		
	70	2:20						1	0	3	7	7	7	7	7	7	31	164	0	247:20		
210	8	6:40															0	0	6:40	G		
	10	6:00															4	0	10:40	I		
	15	5:20													1	1	14	0	22:40	K		
	20	3:20							1	0	0	1	0	0	0	4	7	24	0	43:40	L	
	25	2:00						1	0	0	0	1	0	0	0	1	6	7	47	0	76:40	K
	30	1:20					1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	7	7	68	0	105:40	K
	35	1:20				1	0	1	0	0	0	1	0	0	6	7	7	7	87	0	130:40	J
	40	1:00		1	0	1	0	0	0	1	0	0	4	7	7	7	7	104	0	152:40	J	
	45	1:00	1	0	1	0	0	1	0	0	1	7	8	7	7	7	7	120	0	173:40	I	
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																					
210	50	1:00	1	0	1	0	0	1	0	0	5	7	7	7	7	7	7	139	0	195:40		
	55	1:00	1	0	1	0	0	1	0	1	7	7	7	7	7	7	8	155	0	215:40		
	60	1:00	1	0	1	0	0	1	0	4	7	7	7	7	7	23	160	0	238:40			
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																					
	45	3:00						1	3	2	2	3	2	12	11	12	11	130	0	196:00		
	50	3:00						2	2	2	3	2	9	12	11	11	11	148	0	220:00		
	55	3:00						3	2	2	2	6	11	11	11	11	12	165	0	243:00		
	60	2:40						1	2	3	1	3	10	11	11	11	20	173	0	264:00		

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO		
		170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10		
220	5	7:20																0	7:20	
	10	6:00														1	2	2	0	12:20
	15	5:20													2	2	2	3	0	21:20
	20	4:40										2	2	2	3	2	2	36	0	56:20
	25	4:00							1	2	2	2	3	2	2	8	64	0	93:20	
	30	3:40						1	3	2	2	2	3	2	10	11	85	0	128:20	
	35	3:20					1	2	2	3	3	1	2	11	12	12	104	0	160:20	
	40	3:20				2	3	2	2	2	3	11	11	11	11	124	0	189:20		
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
	45	3:00				1	2	3	2	2	2	10	11	11	11	12	143	0	217:20	
	50	3:00				2	2	2	3	2	7	11	11	11	11	12	162	0	243:20	
	55	3:00				2	3	2	2	4	11	11	11	11	11	19	174	0	268:20	
230	5	7:40															0	0	7:40	
	10	6:20														1	3	2	0	13:40
	15	5:20										1	2	2	2	3	8	0	25:40	
	20	4:40							1	2	2	3	2	2	2	46	0	67:40		
	25	4:20						2	3	2	3	2	2	2	12	71	0	106:40		
	30	3:40					1	2	2	2	3	2	2	6	12	11	93	0	143:40	
	35	3:20				1	2	2	2	3	2	2	7	12	12	12	114	0	178:40	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
	40	3:20				2	2	3	2	2	2	8	11	12	11	11	136	0	209:40	
	45	3:00			1	2	2	3	2	2	7	12	10	11	11	12	157	0	239:40	
	50	3:00			2	2	2	2	3	4	12	11	11	11	11	16	173	0	267:40	
	55	3:00			2	3	2	3	2	10	11	11	11	11	11	37	172	0	293:40	
240	5	8:00															0	0	8:00	
	10	6:40														2	3	3	0	16:00
	15	5:40										2	2	2	3	2	16	0	35:00	
	20	5:00							2	3	2	2	2	3	2	2	54	0	78:00	
	25	4:20						2	2	3	2	2	3	2	7	11	79	0	121:00	
	30	4:00					3	2	2	2	2	3	2	11	12	11	103	0	161:00	
	35	3:40				3	2	2	3	1	3	3	12	11	12	11	126	0	197:00	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
	40	3:20				2	2	3	2	2	2	4	12	11	11	11	12	149	0	231:00
	45	3:20			3	3	1	3	2	4	11	11	12	11	11	12	171	0	263:00	
	50	3:20			4	2	2	2	3	11	11	11	11	11	11	33	173	0	293:00	

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER FONDO (min.)	TIEMPO A PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO		
			170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20			
250	5	8:20															0	0	8:20		
	10	6:40													1	2	2	4	0	17:20	
	15	5:40									1	2	2	3	3	1	24	0	44:20		
	20	5:00							2	2	2	2	3	2	3	5	61	0	90:20		
	25	4:20					1	3	2	2	2	2	3	2	12	12	86	0	135:20		
	30	4:00			2	3	2	2	2	2	2	3	6	12	12	12	111	0	177:20		
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																					
260	35	3:40			2	2	3	2	2	2	2	10	11	12	11	11	137	0	215:20		
	40	3:40			4	2	3	2	2	2	11	11	11	11	11	11	163	0	252:20		
	45	3:40			5	3	2	2	2	10	12	11	11	11	11	25	173	0	286:20		
	50	3:40			6	2	2	3	9	11	11	12	10	12	11	47	174	0	318:20		
	5	8:40															0	0	8:40		
	10	7:00												2	2	2	4	0	18:40		
270	15	6:00								2	2	3	2	2	3	31	0	53:40			
	20	5:00					1	2	2	3	2	3	2	2	2	10	67	0	102:40		
	25	4:40				3	3	2	2	2	2	2	2	7	12	12	95	0	150:40		
	30	4:00			2	2	3	2	2	2	2	2	3	11	12	12	10	123	0	194:40	
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
	35	4:00			4	2	2	3	2	2	6	11	12	11	11	11	150	0	235:40		
270	40	4:00			6	2	2	2	3	7	11	12	11	11	11	13	175	0	274:40		
	45	4:00			7	2	3	2	7	12	11	11	11	11	42	172	0	310:40			
	5	8:20														1	0	10:00			
	10	7:00											1	2	2	3	4	0	21:00		
	15	6:00							1	2	3	2	3	2	2	39	0	63:00			
	20	5:20				3	2	2	3	2	2	2	4	12	74	0	115:00				
270	25	4:40			3	2	2	2	2	3	2	3	11	11	12	103	0	165:00			
	30	4:20			4	2	2	2	2	3	3	7	11	11	12	11	133	0	212:00		
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
	35	4:20			6	2	2	3	2	3	10	12	11	11	11	11	163	0	256:00		
	40	4:20			8	2	2	2	5	11	11	12	10	11	11	29	175	0	298:00		
	45	4:20			9	3	2	4	12	11	11	11	11	11	56	175	0	336:00			

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER PARADA (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO			
		170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20				
280	5	8:40															1	0	10:20		
	10	7:40														4	2	3	5	0	23:20
	15	6:20								3	2	2	2	3	2	2	47	0	72:20		
	20	5:20					1	3	3	2	2	3	1	2	9	12	80	0	127:20		
	25	4:40				1	3	2	3	2	2	3	2	7	11	12	11	113	0	181:20	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																					
290	30	4:40				5	3	2	2	3	2	3	12	11	11	11	12	144	0	230:20	
	35	4:40				8	2	2	2	3	7	12	12	10	11	11	12	176	0	277:20	
	40	4:40				10	2	2	3	10	11	11	11	11	11	11	44	175	0	321:20	
	45	4:40				11	2	3	11	11	11	11	11	11	11	11	71	178	0	362:20	
	EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
	30	5:00				7	2	3	2	2	3	8	11	12	11	11	11	156	0	248:40	
	35	5:00				10	2	2	2	4	12	11	11	11	11	11	27	175	0	298:40	
	40	5:00				12	2	2	7	12	11	11	11	10	11	58	178	0	345:40		
	45	5:00				13	3	8	11	11	11	12	12	9	10	19	82	179	0	389:40	

Tabla 18-14. Tabla de Descompresión para MK16 MOD 1 HeO₂

VELOCIDADES: DESCENSO 60 PIES/MIN; ASCENSO 30 PIES/MIN (Continúa)

PROF. (pam)	TIEMPO DE LA PRIMER PARADA (min.)	TIEMPO A FONDO (min:seg)	PARADAS DE DESCOMPRESIÓN (PAM) TIEMPO DE PARADAS (MIN)															TIEMPO TOTAL DE ASCENSO (min:seg)	GRUPO REPETITIVO	
			170	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20		
300	5	9:00															1	2	0	13:00
	10	7:40											1	3	2	2	3	7	0	28:00
	15	6:40							3	2	2	3	2	2	2	5	60	0	91:00	
	20	5:40				1	4	2	2	3	2	2	2	7	12	12	95	0	154:00	
	25	5:20			5	3	2	2	2	2	3	6	12	11	12	11	131	0	212:00	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
310	30	5:20			9	2	2	3	2	4	12	11	11	11	11	12	168	0	268:00	
	35	5:20			12	2	2	2	10	11	12	11	10	11	11	41	177	0	322:00	
	40	5:20			14	2	4	11	11	11	11	11	11	11	11	73	180	0	371:00	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
6	9:00														1	3	2	0	16:20	
320	10	8:00										3	2	2	2	3	14	0	36:20	
	15	6:40						1	3	2	3	2	3	1	3	8	65	0	101:20	
	20	6:00			4	3	2	2	2	3	2	2	11	12	11	103	0	167:20		
	25	5:40			7	3	1	3	2	2	3	11	11	11	11	12	141	0	228:20	
	30	5:40			11	2	2	2	3	9	11	12	11	11	11	16	177	0	288:20	
320	35	5:40			14	2	2	6	11	12	11	11	11	10	11	54	179	0	344:20	
	40	5:40			16	2	10	11	11	11	12	11	9	11	19	82	182	0	397:20	
EXPOSICIÓN EXCEPCIONAL -----																				
6	9:00													1	1	2	3	0	17:40	
10	8:00								1	3	2	2	3	2	20	0	43:40			
320	15	7:00						3	3	2	2	2	2	3	2	12	70	0	111:40	
	20	6:00			1	5	2	3	1	3	3	1	6	11	12	12	110	0	180:40	
	25	6:00			9	2	2	3	2	2	6	12	11	11	11	12	152	0	245:40	
	30	6:00			13	2	2	2	6	11	11	11	11	11	11	29	178	0	308:40	
	35	6:00			15	3	2	11	12	11	11	10	11	11	11	68	182	0	368:40	
320	40	6:00			18	7	11	11	11	10	11	11	12	36	83	182	0	424:40		

SS521-AG-PRO-010

0910-LP-106-0957

REVISION 6

Manual de Buceo de la Marina de E. U.



Volumen 1	Principios y Políticas del Buceo
Volumen 2	Operaciones de Buceo con Aire
Volumen 3	Operaciones de Buceo con Mezcla de Gases Suministrada desde Superficie
Volumen 4	Operaciones de Buceo con Circuito Semi- Cerrado y Circuito Cerrado
Volumen 5	Medicina del Buceo y Operación de Cámaras de Recompresión

**DECLARACION DE DISTRIBUCION: ESTE DOCUMENTO HA SIDO APROBADO PARA SU
DISTRIBUCIÓN Y VENTA PUBLICA; ESTA DISTRIBUCIÓN ES ILIMITADA.**

SUSTITUYE A SS521-AG-PRO-010, REVISION 5, Fechado el 15 de Agosto de 2005.

PUBLICADO POR DIRECCIÓN DEL COMANDANTE, COMANDO DE SISTEMAS MARINOS NAVALES

15 de ABRIL de 2008

Prefacio

Departamento de la Marina
Comando de Sistemas Marinos Navales
14 de Abril de 2008

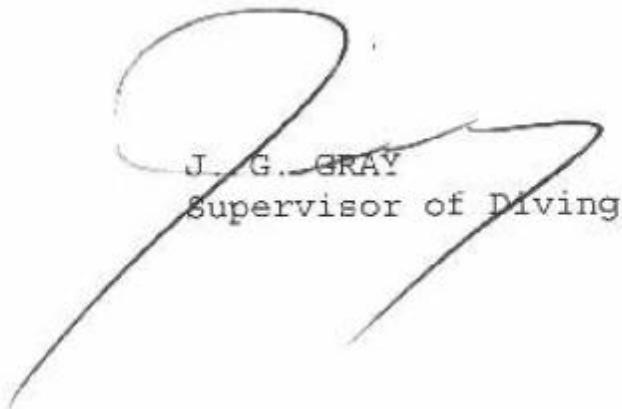
La Revisión Seis del manual de Buceo de la Marina de E.U. representa el mayor cambio a los procedimientos de buceo desde 1956. El manual debe revisarse completamente, pero por favor ponga particular atención a los Capítulos 9, 14, 17, 18, 20 y 21.

Nos gustaría agradecer a la Flota. Recibimos el aporte inteligente y comprensivo de múltiples Comandos que estaban listos a abrazar el cambio. La Flota merece una gran cantidad de crédito. Aquí en NAVSEA, el consejo de mis maestros, MDV Pratschner, MDV Boyd, y MDV Orns, representando más de 75 años de experiencia, fue vital para nuestra transición. Mis compañeros de equipo Don Fegley y John Gillispie, quienes hicieron desaparecer los problemas técnicos, nos mantuvieron en el programa. Mi amigo, Lt Jim Pearson, de la Royal Navy, nos dio la perspectiva necesaria para lograr nuestras metas. La inteligencia pura de mis mentores, Dr. Bob Whaley y el Capt. John Murray, garantizaron el rigor académico.

Lejos de casa, la NEDU y la Escuela de Buceo jugaron los papeles esenciales en la redacción y configuración de esta revisión. Me gustaría agradecer a mis amigos, Capt. Steve Reimers, Capt. Randy Getman y CDR Chris Moore, por su apoyo.

Más que cualquier otro, esta revisión es el triunfo de 40 años de dedicación leal a nuestro país por el Dr. Ed Flynn.

El trabajo sobre la Revisión Siete inició hoy. La Revisión Siete cambiará completamente el formato del Manual de Buceo, eliminando duplicaciones e inconsistencias. Sobre todo, será organizado a fin de que todos los requerimientos sean encontrados en el primer capítulo.



J. G. GRAY
Supervisor of Diving

Prologo

Departamento de la Marina
Comando de Sistemas Marinos Navales
15 de Junio de 2008

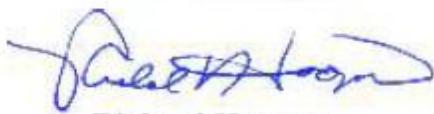
Desde los pasados 1950's el Manual de Buceo de la Marina de E.U. sirvió como el estándar internacionalmente reconocido para la exposición permisible mientras se respira aire comprimido a diversas profundidades. Las "Tablas de Aire" del Manual de Buceo de la USN de 1956/1957 también proporcionaron las cédulas de descompresión prescritas para los perfiles de buceo que excedían los límites de exposición permisibles.

Recientemente, tres eventos causaron que la Armada revisara las Tablas de Aire de 1956/1957 y condujo a esta revisión del manual de buceo.

1. Proporciones inaceptables de enfermedad de descompresión experimentadas durante el salvamento del TWA800 en 1996 mientras se utilizaban las "Tablas de Aire" y Tablas Sur "D" O₂ del Manual de Buceo USN de 1956/1957 en rangos de profundidad seleccionados arriba de 100 pies.
2. Prácticas de buceo comercial las cuales migraron lejos de las "Tablas de Aire" del Manual de Buceo USN de 1956/1957 debido a proporciones inaceptables de enfermedad de descompresión en buceos de larga duración/poca profundidad.
3. Más importantemente, la investigación seminal dentro de la medicina hiperbárica conducida por el Dr. Edward D. Thalmann, Capitan, MC, USN (retirado), que desarrolló un algoritmo matemático que modeló el intercambio de gas en los tejidos humanos ofreciendo la promesa de las guías menos riesgosas para el buceo con aire.

En 1998, la Unidad de Buceo experimental de la Armada inició el desarrollo del proceso para remplazar las Tablas de Aire de 1956/1957 y condujo a la selección del Algoritmo de Thalmann como la base de una nueva Tabla de Aire. Eventualmente fue adoptada una variación del Algoritmo de Thalmann como un resultado de prueba empírico y retroalimentación operacional de la Flota.

La Revisión 6 del Manual de Buceo de la Marina de E.U. representa la culminación de la investigación y validación empírica de las tablas de buceo con aire contenidas aquí. Además de Thalmann, los esfuerzos de dos personas perduran por encima de todos los otros en analizar y meticulosamente documentar el producto final para esta más comprensiva revisión del Manual de Buceo de la Marina de E.U. en 15 años. Estos individuos son el Dr. Edward T. Flynn, Capitan, MC, USN (Retirado) de la Oficina del Supervisor de Buceo y Salvamento y el Dr. Wayne A. Gerth, Ph.D. de la Unidad de Buceo Experimental de la Armada. Los futuros buzos de la Armada y civiles hasta ahora no nacidos adeudan a estos hombres una deuda de gratitud por el buceo intrínsecamente más seguro que resultará de su labor incansable e intelecto brillante.



Richard Hooper
Director of Ocean Engineering
Supervisor of Salvage and Diving

Medicina del Buceo y Operación de Cámaras de Recompresión

20	Diagnóstico y Tratamiento de las Enfermedades de Descompresión y Embolismo Gaseoso Arterial
21	Operación de Cámaras de Recompresión
Apéndice 5A	Examen Neurológico
Apéndice 5B	Primeros Auxilios
Apéndice 5C	Animales Marinos Peligrosos



Volumen 5 – Tabla de Contenido

Cap/Párr

Página

20	DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES DE DESCOMPRESIÓN Y EMBOLISMO GASEOSO ARTERIAL	
20-1	INTRODUCCION	20-1
20-1.1	Objetivo.....	20-1
20-1.2	Alcance	20-1
20-1.3	Responsabilidades del Supervisor de Buceo	20-1
20-1.4	Prescribiendo y Modificando Tratamientos	20-2
20-1.5	Cuando el Tratamiento No es Necesario	20.2
20-1.6	Consultas de Emergencia	20-2
20-2	EMBOLISMO GASEOSO ARTERIAL	20-2
20-2.1	Diagnóstico de Embolismo Gaseoso Arterial	20-2
20-2.1.1	Síntomas de EGA.....	20-3
20-2.2	Tratamiento del Embolismo Gaseoso Arterial.....	20-3
20-2.3	Resucitación de un Buzo Sin Pulso.....	20-3
20-3	ENFERMEDAD DE DESCOMPRESIÓN	20-4
20-3.1	Diagnóstico de las Enfermedades de Descompresión	20-4
20-3.2	Síntomas de Enfermedad de Descompresión Tipo I.....	20-5
20-3.2.1	Síntomas músculo-esqueléticos Solo Dolor.....	20-5
20-3.2.2	Síntomas Cutáneos (Piel).....	20-5
20-3.2-3	Síntomas Linfáticos	20-6
20-3.3	Tratamiento de las Enfermedades de Descompresión Tipo I	20-6
20-3.4	Síntomas de Enfermedad de Descompresión Tipo II.....	20-6
20-3.4.1	Síntomas Neurológicos	20-6
20-3.4.2	Síntomas de Oído Interno (“Tambaleos”)	20-7
20-3.4.3	Síntomas Cardiopulmonares (“Ahogo”)	20-7
20-3.4.4	Diferenciando Entre EDD Tipo II y EGA.....	20-7
20-3.5	Tratamiento de las Enfermedades de Descompresión Tipo II	20-7
20-3.6	Enfermedad de Descompresión en el Agua.....	20-7
20-3.7	Descompresión Omitida Sintomática	20-7
20-3.8	Enfermedad de Descompresión de Altitud	20-8
20-3.8.1	Tratamiento del Dolor Articular.....	20-8
20-3.8.2	Otros Síntomas y Síntomas Persistentes.....	20-8
20-4	TRATAMIENTO DE RECOMPRESIÓN PARA LOS TRASTORNOS DE BUCEO	20-8
20-4.1	Objetivos primarios	20-8

Cap/Párr		Página
20-4.2	Guías para el Tratamiento de Recompresión.....	20-8
20-4.3	Tratamiento de Recompresión Cuando Hay Cámara Disponible	20-9
20-4.3.1	Tratamiento de Recompresión Con Oxígeno	20-10
20-4.3.2	Tratamiento de Recompresión Cuando No Hay Oxígeno Disponible ..	20-10
20-4.4	Tratamiento de Recompresión Cuando No Hay Cámara Disponible.....	20-11
20-4.4.1	Transportando al Paciente.....	20-11
20-4.4.2	Recompresión en el Agua	20-11
20-5	TABLAS DE TRATAMIENTO	20-12
20-5.1	Tablas de Tratamiento con Aire.....	20-12
20-5.2	Tabla de Tratamiento 5.....	20-12
20-5.3	Tabla de Tratamiento 6.....	20-12
20-5.4	Tabla de Tratamiento 6A	20-13
20-5.5	Tabla de Tratamiento 4.....	20-13
20-5.6	Tabla de Tratamiento 7	20-13
20-5.6.1	Descompresión	20-14
20-5.6.2	Tenders	20-15
20-5.6.3	Previniendo Salida a Superficie Anticipada e Inadvertida	20-15
20-5.6.4	Respiración con Oxígeno	20-15
20-5.6.5	Durmiendo, Descansando y Comiendo	20-15
20-5.6.6	Cuidados Auxiliares	20-15
20-5.6.7	Soporte de Vida	20-15
20-5.7	Tabla de Tratamiento 8.....	20-15
20-5.8	Tabla de Tratamiento 9.....	20-15
20-6	TRATAMIENTO DE RECOMPRESIÓN PARA TRASTORNOS QUE NO SON DE BUCEO	20-16
20-7	CONSIDERACIONES DEL SOPORTE DE VIDA DE LA CÁMARA DE RECOMPRESIÓN	20-17
20-7.1	Requerimientos Mínimos de Personal.....	20-17
20-7.2	Requerimientos Óptimos de Personal	20-17
20-7.2.1	Personal Adicional	20-17
20-7.2.2	Consultas requeridas con un OMB.....	20-18
20-7.3	Control de Oxígeno.....	20-18
20-7.4	Control de Bióxido de Carbono.....	20-18
20-7.4.1	Monitoreo del Bióxido de Carbono	20-18
20-7.4.2	Eliminación el Bióxido de Carbono	20-18
20-7.4.3	Absorbente de Bióxido de Carbono	20-18
20-7.5	Control de la Temperatura.....	20-18

Cap/Párr		Página
	20-7.5.1 Hidratación del Paciente.....	20-19
20-7.6	Ventilación de la Cámara	20-20
20-7.7	Acceso a los Ocupantes de la Cámara	20-20
20-7.8	Tenders Internos.....	20-20
	20-7.8.1 Responsabilidades del Tender Interno.....	20-20
	20-7.8.2 OMB o TMB como Tender Interno	20-20
	20-7.8.3 Uso del OMB Como Tender Interno	20-21
	20-7.8.4 Tender-Médico Interno No Buzo	20-21
	20-7.8.5 Cuidados Médicos Especializados	20-21
	20-7.8.6 Tender Interno Respirando Oxígeno.....	20-21
	20-7.8.7 Frecuencia Como Tender.....	20-21
20-7.9	Ecualizando Durante el Descenso	20-21
20-7.10	Uso de Mezclas con Alta Concentración de Oxígeno	20-21
20-7.11	Toxicidad por Oxígeno Durante el Tratamiento	20-22
	20-7.11.1 Toxicidad por Oxígeno del SNC	20-22
	20-7.11.2 Toxicidad Pulmonar por Oxígeno	20-23
20-7.12	Pérdida de Oxígeno Durante el Tratamiento.....	20-23
	20-7.12.1 Compensación.....	20-23
	20-7.12.2 Cambiando a Tabla de Tratamiento con Aire.....	20-23
20-7.13	Tratamiento a Altitud	20-24
20-8	CONSIDERACIONES POSTERIORES AL TRATAMIENTO	20-24
20-8.1	Periodo de Observación Posterior al Tratamiento	20-25
20-8.2	Transferencia Posterior al Tratamiento	20-25
20-8.3	Volando Despues de Tratamientos	20-25
	20-8.3.1 Evacuación Aérea de Emergencia	20-25
20-8.4	Tratamiento de Síntomas Residuales	20-25
20-8.5	Retornando a Bucear Despues de Tratamiento de Recompresión	20-26
20-9	TRATAMIENTOS NO-ESTÁNDAR	20-26
20-10	PROCEDIMIENTOS DE ABORTO DE TRATAMIENTO DE RECOMPRESIÓN	20-26
20-10.1	Muerte Durante el Tratamiento.....	20-26
20-10.2	Desastres Naturales Inminentes o Fallas Mecánicas	20-27
20-11	CUIDADOS AUXILIARES Y TRATAMIENTOS ADJUNTOS	20-28
20-11.1	Enfermedad de Descompresión	20-28
	20-11.1.1 Oxígeno en superficie.....	20-28
	20-11.1.2 Fluidos	20-29
	20-11.1.3 Anticoagulantes	20-29
	20-11.1.4 Aspirina y Otras Drogas Anti-inflamatorias no Esteroideas	20-29
	20-11.1.5 Esteroides.....	20-29
	20-11.1.6 Lidocaína	20-29
	20-11.1.7 Temperatura de la Cámara	20-29

Cap/Párr		Página
20-11.2	Embolismo Gaseoso Arterial	20-30
20-11.2.1	Oxígeno en Superficie	20-30
20-11.2.2	Lidocaína	20-30
20-11.2.3	Fluidos	20-30
20-11.2.4	Anticoagulantes	20-30
20-11.2.5	Aspirina y Otras Drogas Anti-inflamatorias no Esteroideas.....	20-30
20-11.2.6	Esteroides	20-30
20-11.3	Durmiendo y Comiendo	20-30
20-12	EQUIPO MÉDICO DE EMERGENCIA	20-30
20-12.1	Botiquín de Emergencia Primario y Secundario	20-31
20-12.2	Monitor-Desfibrilador Portátil	20-31
20-12.3	Drogas de Soporte de Vida Cardiaco Avanzado.....	20-31
20-12.4	Uso de Botiquines de Emergencia	20-31
20-12.4.1	Modificación de los Botiquines de Emergencia	20-33
21	OPERACIÓN DE CÁMARAS DE RECOMPRESIÓN	
21-1	INTRODUCCION	21-1
21-1.1	Objetivo	21-1
21-1.2	Alcance	21-1
21-1.3	Definiciones de Cámaras.....	21-1
21-2	DESCRIPCION	21-1
21-2.1	Componentes Básicos de la Cámara	21-2
21-2.2	Cámaras de Recompresión de Doble Compartimiento Modernizadas de la Flota	21-2
21-2.3	Instalación de Cámara de Recompresión (RCF).....	21-2
21-2.4	Sistema de Cámaras de Recompresión de Doble Compartimiento Estándar De la Marina (SNDLRCs).....	21-2
21-2.5	Sistema de Cámara de Recompresión Portátil (TRCS)	21-3
21-2.6	Cámara de Recompresión para Transportar por Aire (FARCC)	21-3
21-2.7	Camilla Hiperbárica de Evacuación de Emergencia (EEHS)	21-3
21-2.8	Características Estándar	21-3
21-2.8.1	Etiquetado	21-4
21-2.8.2	Penetradores de Entrada y Salida	21-4
21-2.8.3	Manómetros de Presión.....	21-4
21-2.8.4	Válvulas de Alivio.....	21-4
21-2.8.5	Sistema de Comunicación	21-5
21-2.8.6	Accesorios Fijos de Iluminación	21-5
21-3	ESTADO DE DISPONIBILIDAD	21-15
21-4	SUMINISTRO DE GAS.....	21-15

Cap/Párr		Página
21-4.1	Capacidad	21-15
21-5	OPERACIÓN	21-17
21-5.1	Lista de Verificación Previa al Buceo	21-17
21-5.2	Precauciones de Seguridad	21-17
21-5.3	Procedimientos Generales de Operación	21-17
21-5.3.1	Cambio de Tender	21-17
21-5.3.2	Operaciones de Entrada.....	21-20
21-5.3.3	Operaciones de Salida	21-20
21-5.3.4	Válvulas de Cierre	21-20
21-5.4	Ventilación	21-20
21-5.4.1	Cálculo de la Ventilación de la Cámara.....	21-21
21-5.4.2	Notas sobre la Ventilación de la Cámara	21-22
21-6	MANTENIMIENTO DE LA CAMARA.....	21-23
21-6.1	Listado de Verificación Posterior al Buceo	21-23
21-6.2	Mantenimiento Programado	21-23
21-6.2.1	Inspecciones	21-23
21-6.2.2	Corrosión	21-23
21-6.2.3	Pintura de las Cámaras de Acero.....	21-25
21-6.2.4	Instrucciones del Proceso de Pintado de las Cámaras de Recompresión.....	21-25
21-6.2.5	Cámaras de Acero Inoxidable	21-29
21-6.2.6	Prevención del Fuego.....	21-29
21-7	PRUEBA DE PRESION PARA CANDIDATO A BUZO.....	21-30
21-7.1	Requerimientos de Candidato	21-30
21-7.2	Procedimiento.....	21-30
21-7.2.1	Referencias.....	21-30
 5A EXAMEN NEUROLOGICO		
5A-1	INTRODUCCION	5A-1
5A-2	VALORACION INICIAL DE LAS LESIONES DE BUCEO	5A-1
5A-3	VALORACION NEUROLOGICA.....	5A-2
5A-3.1	Estado Mental.....	5A-5
5A-3.2	Coordinación (Función Cerebelar/Oído Interno)	5A-5
5A-3.3	Nervios Craneales	5A-6
5A-3.4	Sistema Motor.....	5A-7
5A-3.4.1	Fuerza en las Extremidades	5A-7
5A-3.4.2	Talla Muscular	5A-8
5A-3.4.3	Tono Muscular	5A-8
5A-3.4.4	Movimientos Involuntarios	5A-8

Cap/Párr		Página
5A-3.5	Función Sensorial	5A-8
5A-3.5.1	Examen Sensorial.....	5A-8
5A-3.5.2	Sensaciones	5A-8
5A-3.5.3	Instrumentos	5A-10
5A-3.5.4	Probando el Tronco	5A-10
5A-3.5.5	Probando los Miembros.....	5A-10
5A-3.5.6	Probando las Manos	5A-10
5A-3.5.7	Marcando Anormalidades.....	5A-10
5A-3.6	Reflejos Tendinosos Profundos.....	5A-10
5B	PRIMEROS AUXILIOS	
5B-1	INTRODUCCION	5B-1
5B-2	RESUCITACION CARDIOPULMONAR	5B-1
5B-3	CONTROL DEL SANGRADO MASIVO	5B-1
5B-3.1	Hemorragia Arterial Externa	5B-1
5B-3.2	Presión Directa	5B-1
5B-3.3	Puntos de Presión	5B-1
5B-3.3.1	Localización del Punto de Presión para la Cara.....	5B-1
5B-3.3.2	Localización del Punto de Presión para Hombro y Parte Superior del Brazo	5B-3
5B-3.3.3	Localización del Punto de Presión para el Centro del Brazo y la Mano.	5B-3
5B-3.3.4	Localización del Punto de Presión para el Muslo.....	5B-3
5B-3.3.5	Localización del Punto de Presión para el Pie	5B-3
5B-3.3.6	Localización del Punto de Presión para la Sien o el Cuero Cabelludo ..	5B-3
5B-3.3.7	Localización del Punto de Presión para el Cuello	5B-3
5B-3.3.8	Localización del Punto de Presión para la Parte Inferior del Brazo	5B-3
5B-3.3.9	Localización del Punto de Presión para la Parte Superior del Muslo.....	5B-3
5B-3.3.10	Localización del Punto de Presión entre la Rodilla y el Pie.....	5B-3
5B-3.3.11	Determinación del Punto de Presión Correcto	5B-4
5B-3.3.12	Cuando Usar los Puntos de Presión.....	5B-4
5B-3.4	Torniquete	5B-4
5B-3.4.1	Como Hacer un Torniquete	5B-4
5B-3.4.2	Apriete del Torniquete	5B-4
5B-3.4.3	Después de que el Sangrado está Bajo Control	5B-4
5B-3.4.4	Puntos a Recordar	5B-4
5B-3.5	Hemorragia Venosa Externa	5B-5
5B-3.6	Sangrado Interno	5B-5
5B-3.6.1	Tratamiento del Sagrado Interno	5B-6
5B-4	ESTADO DE CHOQUE	
5B-4.1	Signos y Síntomas de Choque	5B-6
5B-4.2	Tratamiento.....	5B-6

Cap/Párr		Página
5C ANIMALES MARINOS PELIGROSOS		
5C-1 INTRODUCCION		5C-1
5C-1.1 Objetivo.....		5C-1
5C-1.2 Alcance		5C-1
5C-2 ANIMALES MARINOS DEPREDADORES.....		5C-1
5C-2.1 Tiburones		5C-1
5C-2.1.1 Comportamiento del Tiburón Previo al Ataque		5C-1
5C-2.1.2 Primeros Auxilios y Tratamiento.....		5C-1
5C-2.2 Ballena Asesina (Orca).....		5C-3
5C-2.2.1 Prevención.....		5C-3
5C-2.2.2 Primeros Auxilios y Tratamiento.....		5C-3
5C-2.3 Barracuda		5C-3
5C-2.3.1 Prevención.....		5C-4
5C-2.3.2 Primeros Auxilios y Tratamiento.....		5C-4
5C-2.4 Morena.....		5C-4
5C-2.4.1 Prevención.....		5C-4
5C-2.4.2 Primeros Auxilios y Tratamiento.....		5C-4
5C-2.5 Leones Marinos		5C-5
5C-2.5.1 Prevención.....		5C-5
5C-2.5.2 Primeros Auxilios y Tratamiento.....		5C-5
5C-3 ANIMALES MARINOS VENENOSOS		5C-5
5C-3.1 Peces Venenosos (Excluyendo Pez Piedra, Pez Cebra y Pez Escorpión).....		5C-5
5C-3.1.1 Prevención.....		5C-6
5C-3.1.2 Primeros Auxilios y tratamiento		5C-6
5C-3.2 Peces Altamente Tóxicos (Pez Piedra, Pez Cebra y Escorpión).....		5C-7
5C-3.2.1 Prevención.....		5C-7
5C-3.2.2 Primeros Auxilios y Tratamiento		5C-7
5C-3.3 Rayas		5C-8
5C-3.3.1 Prevención.....		5C-8
5C-3.3.2 Primeros Auxilios y Tratamiento		5C-8
5C-3.4 Celenterados		5C-9
5C-3.4.1 Prevención.....		5C-9
5C-3.4.2 Evitando los Tentáculos		5C-9
5C-3.4.3 Protección Contra las Aguamarlas		5C-9
5C-3.4.4 Primeros Auxilios y Tratamiento		5C-9
5C-3.4.5 Tratamiento Sintomático.....		5C-10
5C-3.4.6 Anafilaxia		5C-10
5C-3.4.7 Antiveneno.....		5C-10
5C-3.5 Coral		5C-10
5C-3.5.1 Prevención.....		5C-10
5C-3.5.2 Protección Contra el Coral		5C-10

Cap/Párr		Página
5C-3.5.3	Primeros Auxilios y Tratamiento	5C-10
5C-3.6	Pulpos	5C-11
5C-3.6.1	Prevención	5C-11
5C-3.6.2	Primeros Auxilios y Tratamiento	5C-12
5C-3.7	Gusanos Segmentados (Anélidos) (Ejemplos: Bloodworm, Bristleworm).....	5C-12
5C-3.7.1	Prevención	5C-12
5C-3.7.2	Primeros Auxilios y Tratamiento	5C-12
5C-3.8	Erizos de Mar.....	5C-12
5C-3.8.1	Prevención	5C-13
5C-3.8.2	Primeros Auxilios y Tratamiento	5C-13
5C-3.9	Caracoles Cónicos.....	5C-13
5C-3.9.1	Prevención	5C-14
5C-3.9.2	Primeros Auxilios y Tratamiento	5C-14
5C-3.10	Serpientes Marinas.....	5C-14
5C-3.10.1	Efectos de la Mordedura de la Serpiente Marina	5C-14
5C-3.10.2	Prevención	5C-15
5C-3.10.3	Primeros Auxilios y Tratamiento	5C-15
5C-3.11	Esponjas	5C-16
5C-3.11.1	Prevención	5C-16
5C-3.11.2	Primeros Auxilios y Tratamiento	5C-16
5C-4	ANIMALES MARINOS TOXICOS	5C-16
5C-4.1	Peces Envenenados por Cigüatera.....	5C-16
5C-4.1.1	Prevención	5C-17
5C-4.1.2	Primeros Auxilios y Tratamiento	5C-17
5C-4.2	Envenenamiento por Pescados Descompuestos.....	5C-17
5C-4.2.1	Prevención	5C-18
5C-4.2.2	Primeros Auxilios y Tratamiento	5C-18
5C-4.3	Envenenamiento por Pez Globo.....	5C-18
5C-4.3.1	Prevención	5C-18
5C-4.3.2	Primeros Auxilios y Tratamiento	5C-18
5C-4.4	Envenenamiento Paralítico por Moluscos (EPM) (Marea Roja).....	5C-18
5C-4.4.1	Síntomas	5C-18
5C-4.4.2	Prevención	5C-19
5C-4.4.3	Primeros Auxilios y Tratamiento	5C-19
5C-4.5	Enfermedades Bacterianas y Virales por Mariscos.....	5C-19
5C-4.5.1	Prevención	5C-19
5C-4.5.2	Primeros Auxilios y Tratamiento	5C-19
5C-4.6	Pepinos de Mar.....	5C-19
5C-4.6.1	Prevención	5C-19
5C-4.6.2	Primeros Auxilios y Tratamiento	5C-19
5C-4.7	Infestación Parasitaria	5C-20

Cap/Párr	Página
5C-4.7.1 Prevención.....	5C-20
5C-5 REFERENCIAS PARA INFORMACION ADICIONAL	5C-20

Página en blanco intencionalmente

Volumen 5 – Lista de Ilustraciones

Figura	Página
20-1 Tratamiento de Embolismo Gaseoso Arterial o Enfermedad de Descompresión Grave	20-34
20-2 Tratamiento de Enfermedad de Descompresión Tipo I	20-35
20-3 Tratamiento de Recurrencia de Síntomas	20-36
20-4 Tabla de Tratamiento 5.....	20-37
20-5 Tabla de Tratamiento 6.....	20-38
20-6 Tabla de Tratamiento 6A	20-39
20-7 Tabla de Tratamiento 4.....	20-40
20-8 Tabla de Tratamiento 7	20-41
20-9 Tabla de Tratamiento 8.....	20-42
20-10 Tabla de Tratamiento 9.....	20-43
20-11 Tabla de Tratamiento 1A	20-44
20-12 Tabla de Tratamiento 2A	20-45
20-13 Tabla de Tratamiento 3	20-46
21-1 Cámara de Recompresión de Acero de Doble Compartimento	21-6
21-2 Instalación de Cámara de Recompresión: RCF6500	21-7
21-3 Instalación de Cámara de Recompresión: RCF5000	21-8
21-4 Cámara de Recompresión de Doble Compartimento Clase ARS 50	21-9
21-5 Cámara de Recompresión Modernizada de Doble Compartimiento	21-10
21-6 Sistema de Cámara de Recompresión de Doble Compartimiento Estándar de la Marina ...	21-11
21-7 Sistema de Cámara de Recompresión Portátil (TRCS)	21-12
21-8 Cámara de Recompresión Portátil (TRC).....	21-12
21-9 Compartimiento de Transferencia (TL).....	21-13
21-10 Cámara de Recompresión para Transportar por Aire (FARCC)	21-13
21-11 Cámara de Recompresión Transportada por Aire	21-14
21-12 Módulo de Soporte de Vida de la Cámara de Recompresión Transportada por Aire	21-14
21-13 Lista de Verificación de Cámara de Recompresión Previa al Buceo (hoja 1 de 2).....	21-18
21-13 Lista de Verificación de Cámara de Recompresión Previa al Buceo (hoja 2 de 2).....	21-19
21-14 Lista de Verificación de Cámara de Recompresión Posterior al Buceo (hoja 1 de 2).....	21-24
21-14 Lista de verificación de Cámara de Recompresión Posterior al Buceo (hoja 2 de 2)	21-25
21-15 Prueba de Presión para Cámaras de Recompresión de la Marina de E. U. (hoja 1 de 3)....	21-26
21-15 Prueba de Presión para Cámaras de Recompresión de la Marina de E. U. (hoja 2 de 3)....	21-27
21-16 Prueba de Presión para Cámaras de Recompresión de la Marina de E. U. (hoja 3 de 3)....	21-28
5A-1a Lista de Verificación de Examen Neurológico (hoja 1 de 2).....	5A-3
5A-1b Lista de Verificación de Examen Neurológico (hoja 2 de 2).....	5A-4

Figura		Página
5A-2a	Areas Dermatómicas Correlacionadas a los Segmentos de la Médula Espinal (hoja 1 de 2)	5A-11
5A-2b	Areas Dermatómicas Correlacionadas a los Segmentos de la Médula Espinal (hoja 2 de 2)	5A-12
5B-1	Puntos de Presión	5B-2
5B-2	Aplicación de un Torniquete.....	5B-5
5C-1	Tipos de Tiburones	5C-2
5C-2	Ballena Asesina (Orca)	5C-3
5C-3	Barracuda.....	5C-4
5C-4	Morena	5C-5
5C-5	Peces Venenosos	5C-6
5C-6	Peces Altamente Tóxicos.....	5C-7
5C-7	Raya	5C-8
5C-8	Celenterados	5C-9
5C-9	Pulpo	5C-11
5C-10	Caracol Cónico	5C-13
5C-11	Serpiente Marina.....	5C-15

Volumen 5 – Lista de Tablas

Tabla	Página
20-1 Reglas para el Tratamiento de Recompresión	20-9
20-2 Descompresión	20-14
20-3 Guías para Realizar Terapias de Oxigenación Hiperbárica	20-16
20-4 Tiempos de Exposición Máxima Permitidos en Cámaras de Recompresión a Varias Temperaturas	20-19
20-5 Mezcla de Gases de Tratamiento con Alta Concentración de Oxígeno.....	20-22
20-6 Requerimientos de Respiración de Oxígeno para Tenders (Nota 1)	20-24
20-7 Botiquín de Emergencia Primario	20-32
20-7 Botiquín de Emergencia Secundario	20-33
21-1 Guía de Líneas de Cámaras de Recompresión	21-4
21-2 Requerimientos de Suministro de Aire de las Cámaras de Recompresión.....	21-16
5A-1 Pruebas de Fuerza en las Extremidades.....	5A-9
5A-2 Reflejos	5A-13

Página en blanco intencionalmente

CAPITULO 20

Diagnóstico y Tratamiento de Enfermedades de Descompresión y Embolismo Gaseoso Arterial

20-1 INTRODUCCION

- 20-1.1** **Objetivo.** Este capítulo describe el diagnóstico y tratamiento de los trastornos de buceo con terapia de recompresión y/o terapia de oxígeno hiperbárico. La terapia de recompresión inmediata está indicada para tratar enfermedades de descompresión, el embolismo gaseoso arterial y otros trastornos diversos. En aquellos casos donde el diagnóstico o tratamiento no es claro, contacte a los Oficiales Médicos de Buceo del NEDU o NDSTC para su clarificación. Los procedimientos de recompresión descritos en este capítulo están diseñados para manejar la mayoría de las situaciones que se encontrarán operacionalmente. Son aplicables tanto a buceo con suministro desde superficie como para buceo SCUBA de circuito abierto o cerrado, así como para operaciones con cámaras de recompresión, ya sea con aire, nitrógeno-oxígeno, helio-oxígeno u oxígeno 100 por ciento. El tratamiento de enfermedad de descompresión durante buceos de saturación está cubierto separadamente en el [Capítulo 15](#) de este manual. La evaluación periódica de los procedimientos de tratamiento de recompresión de la Marina de E.U. ha mostrado que son efectivos en el alivio de síntomas sobre el 90 por ciento de las veces, cuando son usados como se publican.
- 20-1.2** **Alcance.** Los procedimientos indicados en este capítulo son para ser ejecutados solamente por personal entrenado. Ya que estos procedimientos cubren trastornos que van desde dolor a trastornos que amenazan la vida, el grado de experiencia médica necesario para llevar a cabo apropiadamente el tratamiento variará. Ciertos procedimientos, tales como instalar líneas de fluidos intravenosos (IV) y la inserción de tubos torácicos, requieren entrenamiento especial y no deben ser intentados por individuos sin entrenamiento. Las tablas de tratamiento pueden ser iniciadas sin consultar a un Oficial Médico de Buceo (OMB), aunque siempre debe ser contactado un OMB a la primera oportunidad posible. Debe contactarse a un OMB antes de liberar al individuo tratado.
- 20-1.3** **Responsabilidades del Supervisor de Buceo.** La experiencia ha mostrado que los síntomas de enfermedad de descompresión grave o embolismo gaseoso arterial, pueden ocurrir después de buceos aparentemente tranquilos y dentro de los límites prescritos. Este factor, combinado con los muchos escenarios operacionales bajo los cuales es conducido el buceo, implica que se requerirá ocasionalmente el tratamiento de individuos gravemente enfermos, cuando personal médico calificado no está inmediatamente en la escena. Por lo tanto, es el Supervisor de Buceo el responsable de asegurar que cada miembro del equipo de buceo:
- Esté completamente familiarizado con todos los procedimientos de recompresión.
 - Conozca la localización de la instalación de recompresión certificada más cercana.
 - Conozca como contactar a un Oficial Médico de Buceo calificado si uno no está en el sitio.
 - Haya completado satisfactoriamente el entrenamiento en Soporte de Vida Básico.

20-1.4 Prescribiendo y Modificando Tratamientos. Ya que no pueden anticiparse todas las condiciones posibles, debe buscarse el consejo médico experto en todos los casos de enfermedad de descompresión o embolismo gaseoso arterial que no muestren mejoría sustancial con las tablas de tratamiento estándar. La desviación de estos protocolos solo debe hacerse con la recomendación de un Oficial Médico de Buceo (OMB).

No todos los Oficiales Médicos son OMB. El OMB debe ser un graduado del curso de Oficial Médico de Buceo enseñado en el Centro de Entrenamiento de Buceo y Salvamento de la Marina (NDSTC), y tener un código de subespecialidad 16U0 (Oficial Médico Subacuático Básico) ó 16U1 (Residencia en Medicina Subacuática entrenado como Oficial Médico Subacuático). Los Oficiales Médicos que solamente completaron el curso de medicina de buceo de nueve semanas en NDSTC, no reciben los códigos de subespecialidad OMB, pero son considerados para tener los mismos privilegios como OMB, con la excepción de que no se les otorga el privilegio de modificar los protocolos de tratamiento. Solamente los OMB con código de subespecialidad 16U0 ó 16U1 pueden modificar los protocolos de tratamiento, como lo garantice la condición del paciente, con el acuerdo del Oficial Comandante u Oficial a Cargo. Otros médicos pueden asistir y asesorar tratamiento y atención de los accidentes de buceo, pero no pueden modificar los procedimientos de recompresión.

20-1.5 Cuando el Tratamiento No es Necesario. Cuando se ha establecido firmemente que la razón de los síntomas posteriores a un buceo son debidos a otras causas que enfermedad de descompresión o embolismo gaseoso arterial (p.ej. lesión, torcedura, equipo mal conectado), entonces la recompresión no es necesaria. Si el supervisor de buceo no puede descartar la necesidad de recompresión, entonces inicia el tratamiento.

20-1.6 Consultas de Emergencia. Las comunicaciones modernas permiten el acceso a expertos médicos desde aún las más remotas áreas. Las consultas de emergencia están disponibles las 24 horas del día con:

- Primaria:
Unidad de Buceo Experimental de la Marina (NEDU)
Comercial (850) 230-3100 ó (850) 235-1668, DSN 436-4351
- Secundaria:
Centro de Entrenamiento de Buceo y Salvamento de la Marina (NDSTC)
Comercial (850) 234-4651, DSN 436-4651

20-2 EMBOLISMO GASEOSO ARTERIAL. El embolismo gaseoso arterial, es causado por la entrada de burbujas de gas a la circulación arterial, como resultado del síndrome de sobre inflación pulmonar (SSIP). El embolismo gaseoso puede manifestarse durante cualquier buceo donde se utiliza equipo de respiración subacuático, aún un buceo breve y poco profundo, o uno hecho en una alberca. La instalación de los síntomas es normalmente repentina y dramática, a menudo ocurriendo dentro de minutos después de arribar a la superficie o aún antes de alcanzarla. Ya que el suministro de sangre al sistema nervioso central está casi siempre involucrado, a menos que sea tratado con recompresión inmediata, el embolismo gaseoso arterial puede resultar en muerte o daño neurológico permanente.

20-2.1 Diagnóstico de Embolismo Gaseoso Arterial. Como una regla básica, cualquier buzo, que ha obtenido una respiración de gas comprimido a profundidad, de cualquier fuente, si de un aparato de buceo o de una campana de buceo, y quien llega a superficie inconsciente, pierde la conciencia o tiene cualquier síntoma neurológico obvio dentro de 10 minutos de alcanzar la superficie, debe asumirse que está sufriendo embolismo gaseoso arterial. El tratamiento de recompresión debe iniciarse inmediatamente. Un buzo que llega inconsciente a superficie y se recupera cuando es expuesto al aire fresco, debe recibir evaluación

neurológica para descartar embolismo gaseoso arterial. Las víctimas de ahogamiento incompleto que no tienen síntomas neurológicos, deben ser cuidadosamente evaluadas por un OMB por aspiración pulmonar.

Los síntomas de EGA pueden ser enmascarados por factores ambientales o por otros síntomas menos significativos. Un buzo con enfriamiento puede no estar preocupado por entumecimiento en un brazo, lo cual puede ser realmente el signo de compromiso del SNC. El dolor de cualquier fuente puede desviar la atención de otros síntomas. La ansiedad natural que acompaña una situación de emergencia, tal como la falla en el suministro de aire al buzo, puede enmascarar un estado de confusión causado por embolismo gaseoso arterial en el cerebro.

Si dolor es el único síntoma, es poco probable el embolismo gaseoso arterial, y debe considerarse enfermedad de descompresión o uno de los otros síndromes de sobre inflación pulmonar.

- 20-2.1.1** **Síntomas de EGA.** Los signos y síntomas de EGA pueden incluir cerca del principio inmediato vértigo, parálisis o debilidad en las extremidades, grandes áreas con sensaciones anormales (parestesias), anormalidades en la visión, convulsiones o cambios en la personalidad. Durante el ascenso, el buzo puede haber notado una sensación similar a que se le revienta el pecho. La víctima puede llegar a la inconsciencia sin aviso y puede aún dejar de respirar. Los síntomas adicionales de EGA incluyen:

- Fatiga extrema
- Dificultad para pensar
- Vértigo
- Nausea y/o vómito
- Anormalidades en la audición
- Expectoración sanguinolenta
- Pérdida del control de las funciones corporales
- Temblores
- Entumecimiento

También puede estar presente síntomas de enfisema subcutáneo/mediastinal, neumotórax y/o neumopericardio (ver [párrafo 3-8](#)). En todos los casos de embolismo gaseoso arterial no debe pasarse por alto la posible presencia de estas condiciones asociadas.

- 20-2.2** **Tratamiento del Embolismo Gaseoso Arterial.** El embolismo gaseoso arterial es tratado de acuerdo con la [Figura 20-1](#) con compresión inicial a 60 pam. Si los síntomas están mejorando dentro del primer periodo respirando oxígeno, entonces el tratamiento continua usando la [Tabla de Tratamiento 6](#). Si los síntomas no cambian o empeoran, evalúe al paciente en el descenso y comprima a la profundidad de alivio (mejoría significativa), no excediendo 165 pam y siguiendo la [Figura 20-1](#).

- 20-2.3** **Resucitación de un Buzo Sin Pulso.** Lo siguiente se pretende como una guía. Para un buzo con ausencia de pulso o respiración (paro cardiopulmonar), la resucitación cardiopulmonar inmediata (RCP) y el uso del Desfibrilador Automatizado Externo (DAE) es más prioritario que la recompresión. El Soporte de Vida Cardiaco Avanzado, el cual requiere

entrenamiento médico y equipo especial, no siempre está disponible. La RCP, el monitoreo del paciente y la administración de drogas pueden ser ejecutados a profundidad, pero la terapia eléctrica (desfibrilación y cardioversión) **debe** ser realizada en la superficie.

PRECAUCIÓN

Actualmente la desfibrilación no está autorizada a profundidad

Si un proveedor calificado con el equipo necesario (p.ej. DAE) puede administrar la potencialmente terapia salvadora de la vida dentro de 10 minutos, el buzo atacado debe ser mantenido en la superficie hasta que sea obtenido el puso. A menos que la desfibrilación sea administrada dentro de 10 minutos, el buzo probablemente morirá, aún si es realizada la adecuada RCP, con o sin recompresión. Si la desfibrilación no está disponible y un Oficial Médico de Buceo no está presente, el Supervisor de Buceo debe comprimir al buzo a 60 pies y continuar con RCP e intentar contactar a un OMB.

Si la desfibrilación llega a estar disponible dentro de 20 minutos, el buzo sin pulso debe ser traído a superficie a 30 pies/min y entonces ser desfibrilado apropiadamente en la superficie. (Datos actuales indican que la restauración exitosa de un ritmo de perfusión después de 20 minutos del paro cardíaco con solo RCP es improbable). Si el buzo sin pulso no recupera los signos vitales con la desfibrilación, continúe la RCP. Evite **recomprimir** a un buzo sin pulso, que no ha recuperado los signos vitales después de desfibrilación. Los esfuerzos de resucitación deben continuar hasta que el buzo se recobre, el tender sea incapaz de continuar la RCP o un médico dictamina que el paciente murió. Si el buzo sin pulso recupera los signos vitales, proceda con la terapia de recompresión si está indicada.

PRECAUCION

Si el tender está fuera de los límites de no-descompresión, él no debe ser traído a superficie directamente. Tome las paradas de descompresión apropiadas para el tender o presurice un nuevo tender y descomprima al paciente y al nuevo tender a superficie en el compartimento externo, mientras mantiene al tender original a profundidad.

20-3 ENFERMEDAD DE DESCOMPRESION.

Mientras es necesaria una historia del buceo (o exposición a altitud) para hacer el diagnóstico de enfermedad de descompresión, la profundidad y duración del buceo solo son útiles para establecer si la descompresión requerida falló. Las enfermedades de descompresión pueden ocurrir bien en buzos dentro de los límites de no descompresión o en quienes han seguido cuidadosamente las tablas de descompresión. Cualquier enfermedad de descompresión que ocurra, debe ser tratada con recompresión.

Con el propósito de decidir el tratamiento apropiado, los síntomas de las enfermedades de descompresión son generalmente divididos en dos categorías. Tipo I y Tipo II. Ya que el tratamiento de los síntomas de Tipo I y Tipo II puede ser diferente, es importante distinguir entre estos dos tipos de enfermedad de descompresión. El buzo puede exhibir ciertos signos que solamente observadores entrenados identificarán como enfermedad de descompresión. Algunos de los síntomas o signos serán tan pronunciados que habrá pequeña duda acerca de la causa. Otros pueden ser sutiles y algunos de los más importantes signos podrían ser pasados por alto en un examen precipitado. Los síntomas de Tipo I y Tipo II pueden o no estar presentes al mismo tiempo.

20-3.1

Diagnóstico de las Enfermedades de Descompresión. Los síntomas de enfermedad de descompresión normalmente ocurren prontamente después del buceo u otra exposición a presión. Si la descompresión controlada durante el ascenso ha sido acortada u omitida, el buzo podría estar sufriendo de enfermedad de descompresión antes de alcanzar la superficie. Analizando varios miles de buceos con aire, en una base de datos conjuntada por la Marina

de E.U. para el desarrollo de modelos de descompresión, el momento de la instalación de síntomas después de llegar a superficie fue como sigue:

- 42 % ocurrió dentro de 1 hora.
- 60 % ocurrió dentro de 3 horas.
- 83 % ocurrió dentro de 8 horas.
- 98 % ocurrió dentro de 24 horas.

El [Apéndice 5A](#) contiene un conjunto de guías para realizar un examen neurológico y una lista de verificación del examen para asistir a personal entrenado en la evaluación de casos de enfermedad de descompresión.

20-3.2

Síntomas de Enfermedades de Descompresión Tipo I. Las enfermedades de descompresión Tipo I incluyen dolor articular (síntomas músculo-esqueléticos o solo-dolor) y síntomas que afectan la piel (síntomas cutáneos), o inflamación y dolor de nódulos linfáticos.

20-3.2.1

Síntomas Músculo-esqueléticos Solo-Dolor. El síntoma más común de enfermedad de descompresión es el dolor articular. Pueden ocurrir otros tipos de dolor que no afectan las articulaciones. El dolor puede ser poco severo o insoportable. Los sitios más comunes de dolor articular son el hombro, codo, muñeca, mano, rodilla y tobillo. El dolor característico de enfermedad de descompresión Tipo I normalmente inicia gradualmente, cuando es notado al principio es leve y puede ser difícil de localizar. Puede estar localizado en una articulación o músculo, puede incrementarse en intensidad, y normalmente es descrito como un dolor sordo y profundo. El dolor puede o no incrementarse con el movimiento de la articulación afectada, y el miembro puede ser dejado preferentemente en cierta posición para reducir la intensidad del dolor (llamada “en defensa”). El sello característico del dolor Tipo I, es una clase de dolencia sorda y confinada a áreas particulares. Siempre está presente en reposo y normalmente no es afectada por el movimiento.

Cualquier dolor que ocurra en las áreas torácica o abdominal, incluyendo la cadera, debe ser considerado como síntoma que surge de compromiso de la médula espinal y tratado como enfermedad de descompresión Tipo II. Los siguientes síntomas pueden indicar compromiso de la médula espinal:

- Dolor localizado en las articulaciones entre las costillas y la columna vertebral o entre las costillas y el esternón.
- Un dolor tipo punzante que se irradia desde la espalda a alrededor del cuerpo (dolor radicular o en cinturón).
- Una vaga dolencia en el pecho o abdomen (dolor visceral).

20-3.2.1.1

Diferenciando Entre Dolor Tipo I y Lesión. La diferenciación más difícil es entre el dolor de enfermedad de descompresión Tipo I y el dolor resultante de un esguince muscular o contusión. Si hay cualquier duda acerca de la causa del dolor, asuma que el buzo está sufriendo enfermedad de descompresión y trátelo de acuerdo a esta. Frecuentemente, el dolor puede emascarar otros síntomas más significativos. El dolor no debe ser tratado con drogas en un esfuerzo para hacer que el paciente esté más confortable. El dolor puede ser la única manera de localizar el problema y monitorear el progreso del tratamiento.

20-3.2.2

Síntomas Cutáneos (Piel). La manifestación más común en la piel de enfermedad de descompresión es comezón. La comezón es por sí misma generalmente transitoria y no

requiere recompresión. Puede presentarse un salpullido pálido en la piel en conjunto con la comezón. Este salpullido también es transitorio y no requiere recompresión. El moteado o veteado de la piel, conocido como cutis marmorata (piel marmórea), puede preceder a síntomas de enfermedad de descompresión grave y debe ser tratada con recompresión como enfermedad de descompresión Tipo II. Esta condición inicia como una comezón intensa, progresando a enrojecimiento, y entonces da paso a una decoloración azulada obscura y desigual de la piel. La piel puede sentirse engrosada. En algunos casos la erupción puede ser en relieve.

20-3.2.3 Síntomas Linfáticos. Puede ocurrir obstrucción linfática, creando dolor localizado en los nódulos linfáticos comprometidos e inflamación de los tejidos drenados por estos nódulos. La recompresión puede proporcionar pronto alivio a este dolor. La inflamación, sin embargo, puede tomar más tiempo en resolverse completamente y puede estar presente al final del tratamiento.

20-3.3 Tratamiento de las Enfermedades de Descompresión Tipo I. Las enfermedades de descompresión Tipo I son tratadas de acuerdo con la [Figura 20-2](#). Si no se puede completar un examen neurológico completo antes de la recompresión inicial, trate como un síntoma de Tipo II.

Los síntomas de dolor músculo-esquelético que no han mostrado cambios absolutamente después del segundo periodo respirando oxígeno a 60 pam, pueden ser debidos a lesión ortopédica en vez de enfermedad de descompresión. Si, después de revisar la historia del paciente, el OMB considera que el dolor puede ser relacionado a trauma ortopédico específico o lesión, puede ser completada una [Tabla de Tratamiento 5](#). Si no hay OMB en el sitio, debe usarse la [Tabla de Tratamiento 6](#).

20-3.4 Síntomas de Enfermedad de Descompresión Tipo II. En las primeras etapas, los síntomas de enfermedad de descompresión Tipo II pueden no ser obvios, y el buzo afectado puede considerarlos inconsecuentes. El buzo puede sentirse fatigado o débil, y atribuir la condición a esfuerzo excesivo. Aún cuando la debilidad llega a ser más intensa, el buzo puede no buscar tratamiento, hasta que llega a dificultarse la marcha, la audición o el orinar. La negación inicial de EDD es común. Por esta razón, los síntomas deben ser anticipados durante el periodo posterior al buceo y tratados antes de que lleguen a ser graves. Los síntomas graves, o Tipo II, están divididos en tres categorías: neurológicos, de oído interno (tambaleos) y cardiopulmonares (ahogo). Los síntomas Tipo I pueden o no estar presentes al mismo tiempo.

20-3.4.1 Síntomas Neurológicos. Estos síntomas pueden ser el resultado de compromiso a cualquier nivel del sistema nervioso. Los síntomas más comunes son el entumecimiento, parestesias (una sensación en la piel de hormigueo, piquetes, “agujas y alfileres” o “toques eléctricos”), disminución de la sensibilidad al tacto, debilidad muscular, parálisis, cambios en el estado mental o alteraciones en la ejecución motora. Los trastornos en las funciones cerebrales superiores pueden resultar en cambios de la personalidad, amnesia, comportamiento extraño, delirio, falta de coordinación y estremecimiento. El compromiso de la médula espinal baja puede causar alteración de la función urinaria. Algunos de estos signos pueden ser sutiles y pueden ser pasados por alto o desestimados por el buzo afectado como de no tener consecuencias.

La ocurrencia de cualquier síntoma neurológico es anormal después de un buceo y debe ser considerado un síntoma de enfermedad de descompresión Tipo II o embolismo gaseoso arterial, a menos que otra causa específica pueda ser encontrada. La fatiga normal es común después de buceos largos y, por sí misma, normalmente no es tratada como enfermedad de descompresión. Si la fatiga es anormalmente severa, está indicado un examen neurológico completo, para asegurarse que no hay otro compromiso neurológico.

- 20-3.4.2 **Síntomas de Oído Interno (“Tambaleos”).** Los síntomas de enfermedad de descompresión de oído interno incluyen: tinnitus (sonido de tintineo en los oídos), pérdida de la audición, vértigo, mareo, náusea y vómito. La enfermedad de descompresión de oído interno ha ocurrido más frecuentemente en buceos con helio-oxígeno y durante la descompresión, cuando el buzo es cambiado de respirar helio-oxígeno a aire. La enfermedad de descompresión de oído interno debe ser diferenciada del barotrauma de oído interno, ya que los tratamientos son diferentes. Ha sido usado “Tambaleos” (Staggers) como otro nombre para la enfermedad de descompresión de oído interno, debido a la dificultad del buzo afectado para caminar por la disfunción del sistema vestibular. Sin embargo, los síntomas de tambaleo pueden también ser debidos a enfermedad de descompresión neurológica, con compromiso del cerebelo. Típicamente, el movimiento rápido e involuntario de los ojos (nistagmus) no está presente en la enfermedad de descompresión cerebelar.
- 20-3.4.3 **Síntomas Cardiopulmonares (“Ahogo”).** Si ocurre burbujeo intravascular profuso, los síntomas de ahogo pueden desarrollarse debido a congestión de la circulación pulmonar. El ahogo puede iniciar como dolor en el pecho, agravado con la inspiración y/o como una tos irritante. Se observa normalmente incremento en la frecuencia respiratoria. Los síntomas de incremento de la congestión pulmonar pueden progresar a colapso circulatorio completo, pérdida de la conciencia y muerte si la recompresión no es instituida inmediatamente. Debe ser realizado un cuidadoso examen por signos de neumotórax en pacientes que presentan respiración entrecortada. La recompresión no está indicada para neumotórax si otros signos de EDD o EGA no están presentes.
- 20-3.4.4 **Diferenciando Entre EDD Tipo II y EGA.** Muchos de los síntomas de enfermedad de descompresión Tipo II, son los mismos que los del embolismo gaseoso arterial, aunque el curso del tiempo es generalmente diferente. (El EGA ocurre normalmente dentro de 10 minutos de salir a superficie). Ya que el tratamiento inicial a estas dos condiciones es el mismo y el tratamiento subsiguiente está basado sobre la respuesta del paciente al tratamiento, este no debe ser retrasado innecesariamente para hacer el diagnóstico.
- 20-3.5 Tratamiento de las Enfermedades de Descompresión Tipo II.** Las enfermedades de descompresión Tipo II son tratadas con compresión inicial a 60 pam, de acuerdo con la [Figura 20-1](#). Si los síntomas mejoran dentro del primer periodo respirando oxígeno, entonces el tratamiento continúa con la [Tabla de Tratamiento 6](#). Si síntomas graves (ej. parálisis, debilidad importante, pérdida de la memoria) no cambian o empeoran dentro de los primeros 20 minutos a 60 pam, valore al paciente durante el descenso y comprima a profundidad de alivio (mejoría significativa), no excediendo de 165 pam. Trate con la [Tabla de Tratamiento 6A](#). Para limitar la recurrencia, los síntomas Tipo II graves garantizan extensiones totales a 60 pam, aún si los síntomas se resuelven durante el primer periodo de respiración con oxígeno.
- 20-3.6 Enfermedad de Descompresión en el Agua.** En raras ocasiones, puede desarrollarse enfermedad de descompresión en el agua mientras el buzo está en descompresión. El síntoma predominante usualmente será dolor de articulaciones, pero también pueden ocurrir manifestaciones más graves como entumecimiento, debilidad, pérdida de la audición y vértigo. La enfermedad de descompresión es más probable que aparezca en las paradas de descompresión menos profundas, justo antes de salir a superficie. En algunos casos, sin embargo, han ocurrido durante el ascenso a la primer parada o poco después. El tratamiento de la enfermedad de descompresión en el agua variará dependiendo del tipo de equipo de buceo utilizado. Las guías específicas están dadas en el [Capítulo 9](#) para buceos con aire, [Capítulo 14](#) para buceos con helio-oxígeno suministrado desde superficie, [Capítulo 17](#) para buceos con MK 16 MOD 0, y [Capítulo 18](#) para buceos con MK 16 MOD 1.
- 20-3.7 Descompresión Omitida Sintomática.** Si un buzo ha tenido un ascenso incontrolado y tiene cualquier síntoma, debe ser comprimido inmediatamente en una cámara de recompresión a 60 pam. Realice una valoración rápida del paciente y trate de acuerdo. La

[Tabla de Tratamiento 5](#) no es un tratamiento apropiado para descompresión omitida sintomática. Si el buzo salió a superficie desde 50 pam o menos profundo, comprima a 60 pam e inicie [Tabla de Tratamiento 6](#). Si el buzo salió a superficie desde profundidades más grandes, comprima a 60 pam o a la profundidad donde los síntomas mejoran significativamente, no excediendo de 165 pam, e inicie [Tabla de Tratamiento 6A](#). La consulta con un OMB debe hacerse tan pronto como sea posible. Para ascenso incontrolado más profundo que 165 pam, el supervisor de buceo puede elegir usar la [Tabla de Tratamiento 8](#) a la profundidad de alivio, no excediendo de 225 pam.

El tratamiento de buzos sintomáticos quienes han aparecido en superficie inesperadamente es difícil cuando no hay cámara de recompresión en el sitio. Está indicado el transporte inmediato a una instalación de recompresión; si esto no es posible, pueden ser útiles las guías del [párrafo 20-4.4](#).

- 20-3.8** **Enfermedad de Descompresión de Altitud.** También puede ocurrir enfermedad de descompresión con exposición a presiones sub-atmosféricas (exposición a altitud), como en una cámara de altitud o pérdida repentina de la presión de cabina en un avión. Los aviadores expuestos a altitud pueden experimentar síntomas de enfermedad de descompresión iguales a aquellos experimentados por los buzos. La única diferencia principal es que los síntomas de compromiso de médula espinal son menos comunes y los síntomas de compromiso cerebral son más frecuentes en enfermedad de descompresión de altitud que en la enfermedad de descompresión hiperbárica. El dolor simple, sin embargo, sigue siendo el principal síntoma.
- 20-3.8.1** **Tratamiento del Dolor Articular.** Si se presentó solo dolor articular pero se resolvió antes de alcanzar una ata de altitud, entonces el individuo puede ser tratado con dos horas de oxígeno al 100 %, respirado en superficie, seguido de 24 horas de observación.
- 20-3.8.2** **Otros Síntomas y Síntomas Persistentes.** Para otros síntomas o si los síntomas de dolor articular están presentes después de retornar a una ata, el individuo afectado debe ser transferido a una instalación de recompresión y ser tratado con la tabla de tratamiento apropiada, aún si los síntomas se resuelven durante el transporte. Los individuos, deben ser mantenidos con oxígeno 100% durante la transferencia a la instalación de recompresión.

20-4 TRATAMIENTO DE RECOMPRESIÓN PARA LOS TRASTORNOS DE BUCEO

- 20-4.1** **Objetivos Primarios.** La [Tabla 20-1](#) da las reglas básicas que deben seguirse para todos los tratamientos de recompresión. Los objetivos primarios del tratamiento de recompresión son:
- Comprimir las burbujas de gas a volumen pequeño, así se alivia la presión local y se restaura el flujo sanguíneo,
 - Permitir suficiente tiempo para la reabsorción de las burbujas, e
 - Incrementar el contenido de oxígeno en la sangre y así entregar oxígeno a los tejidos lesionados.
- 20-4.2** **Guías para el Tratamiento de Recompresión.** Ciertas facetas del tratamiento de recompresión han sido mencionadas previamente, pero son tan importantes que no se puede dejar de hacer hincapié firmemente.
- Trate pronta y adecuadamente.
 - La efectividad del tratamiento disminuye como la cantidad de tiempo entre la instalación de los síntomas y el tratamiento se incrementa.

- No ignore los aparentemente síntomas menores. Ellos pueden llegar a ser síntomas mayores rápidamente.
- Siga la tabla de tratamiento seleccionada a menos que sean recomendados cambios por un Oficial Médico de Buceo.
- Si ocurren múltiples síntomas, trate para la condición más grave.

20-4.3

Tratamiento de Recompresión Cuando Hay Cámara Disponible. Las tablas de tratamiento con oxígeno son significativamente más efectivas que las tablas de tratamiento con aire. Las tablas de tratamiento con aire solo deben utilizarse, con la recomendación de un OMB, después de que el sistema de oxígeno falla o hay problemas de intolerancia en el paciente por toxicidad por oxígeno, La [Tabla de Tratamiento 4](#) puede ser usada con o sin oxígeno, pero siempre debe ser usada con oxígeno si este está disponible.

Tabla 20-1. Reglas para el Tratamiento de Recompresión.

SIEMPRE:

1. Siga la tabla de tratamiento exactamente, a menos que sea modificada por un OMB de acuerdo con el Oficial al Mando.
2. Tenga un tender calificado dentro de la cámara en todo momento durante el tratamiento.
3. Mantenga la velocidad normal de descenso y ascenso tanto como sea posible.
4. Examine completamente al paciente en la profundidad de alivio o profundidad de tratamiento.
5. Trate a un paciente inconsciente por embolismo gaseoso arterial o enfermedad de descompresión grave a menos de que la posibilidad de tal condición se pueda excluir sin preguntar.
6. Use tablas de tratamiento con aire solamente si el oxígeno no está disponible.
7. Esté alerta de signos de aviso de intoxicación por oxígeno, si se utiliza oxígeno.
8. En el caso de convulsiones por oxígeno, retire la mascarilla de oxígeno y cuide que el paciente no se haga daño. No fuerce para abrir la boca durante las convulsiones.
9. Mantenga el uso del oxígeno dentro de las limitaciones de profundidad y tiempo prescritas por la tabla de tratamiento.
10. Verifique la condición del paciente y los signos vitales periódicamente. Verifique frecuentemente si la condición del paciente cambia rápidamente o los signos vitales son inestables.
11. Observe al paciente después del tratamiento por la reaparición de síntomas. Observe durante 2 horas por síntomas de dolor solamente, 6 horas por síntomas serios. No libere al paciente sin consultar a un OMB.
12. Mantenga exactos los tiempos y registros
13. Mantenga un botiquín médico bien surtido a la mano.

NUNCA:

1. Permita ningún recorte u otra alteración de las tablas, excepto bajo la dirección de un Oficial Médico de Buceo (OMB).
2. Espere por un resucitador. Use la resucitación boca a boca con un dispositivo de barrera inmediatamente si hay paro respiratorio.
3. Interrumpa la compresión del pecho más de 10 segundos.
4. Permita el uso de oxígeno al 100% por debajo de 60 pam en casos de EDD o EGA
5. Falle para tratar casos dudosos.
6. Permita personal en la cámara que asuma una posición en cuclillas que pudiera interferir con la completa circulación sanguínea.

- 20-4.3.1 **Tratamiento de Recompresión Con Oxígeno.** Use las [Tablas de Tratamiento 5, 6, 6A, 4 o 7](#) con Oxígeno, de acuerdo con los diagramas de flujo en la [Figura 20-1](#), [Figura 20-2](#) y [Figura 20-3](#). La velocidad de descenso para todas las tablas es de 20 pies por minuto. Una vez alcanzada la profundidad de tratamiento de 60 pam o menos profundo, ponga al paciente con oxígeno. Para profundidades mayores que 60 pam, use gas de tratamiento si hay disponible.
- 20-4.3.2 **Tratamientos de Recompresión Cuando No Hay Oxígeno Disponible.** Las [Tablas de Tratamiento con Aire 1A, 2A y 3](#), ([Figuras 20-11, 20-12 y 20-13](#)) se proporcionan solo como un último recurso, cuando no hay oxígeno disponible. Use la [Tabla de Tratamiento 1A](#) si el dolor se alivia a profundidades menores que 66 pies. Si el dolor se alivia a mayor profundidad que 66 pies, use la [Tabla de Tratamiento 2A](#). Use la [Tabla de Tratamiento 3](#) si los síntomas se alivian dentro de 30 minutos a 165 pies. Si los síntomas no se alivian en menos de 30 minutos a 165 pies, use la [Tabla de Tratamiento 4](#).
- 20-4.4 Tratamiento de Recompresión Cuando No Hay Cámara de Recompresión Disponible.** El Supervisor de Buceo tiene dos alternativas para tratamientos de recompresión cuando la instalación de buceo no está equipada con una cámara de recompresión. Si la recompresión del paciente no es necesaria inmediatamente, el buzo puede ser transportado a la cámara de recompresión certificada más cercana o el Supervisor de Buceo puede elegir completar la recompresión en el agua.
- 20-4.4.1 **Transportando al Paciente.** En ciertos casos, algún retraso puede ser inevitable mientras es transportado el paciente a una cámara de recompresión. Mientras se mueva al paciente a una cámara de recompresión, debe ser mantenido acostado horizontalmente. No poner al paciente cabeza abajo. Además, el paciente debe ser mantenido caliente y monitoreado constantemente por signos de vías aéreas bloqueadas, detención de la respiración, paro cardíaco o choque. Siempre mantenga en mente que un número de condiciones pueden existir al mismo tiempo. Por ejemplo, la víctima puede estar sufriendo de enfermedad de descompresión e hipotermia.
- 20-4.4.1.1 **Tratamiento Médico Durante el Transporte.** Siempre tenga al paciente respirando oxígeno al 100% durante el transporte, si está disponible. Si los síntomas de enfermedad de descompresión o embolismo gaseoso arterial son aliviados o mejoran después de respirar oxígeno al 100%, el paciente debe ser recomprimido como si el síntoma(s) original permaneciera presente. Asegúrese siempre que el paciente está adecuadamente hidratado. De líquidos orales si el paciente está despierto y es capaz de tolerarlos. De lo contrario, deben ser iniciados fluidos intravenosos antes del transporte. Si el paciente tiene que ser transportado, debieron haber sido bien hechos los arreglos iniciales, en prevención de las operaciones de buceo actuales. Estos arreglos, los cuales incluirán una notificación de alerta a la cámara de recompresión y la determinación del medio de transporte más efectivo, deben ser colocados en la Lista de Verificación de Asistencia de Emergencia en el Sitio de Trabajo, para su referencia instantánea.
- 20-4.4.1.2 **Transporte en un Avión No Presurizado.** Si el paciente es movido en helicóptero u otra aeronave no presurizada, esta debe volar tan bajo como la seguridad le permita, preferentemente a menos de 1,000 pies. La exposición a altitud resulta en una reducción adicional en la presión externa y el posible aumento de la severidad de los síntomas u otras complicaciones. Si está disponible, debe ser considerado el transporte en la Camilla Hiperbárica de Evacuación de Emergencia.
- 20-4.4.1.3 **Comunicación con la Cámara.** Llame para asegurarse que la cámara estará lista y que el personal médico calificado estará esperando. Si puede establecerse comunicación de dos vías, consulte con el doctor mientras el paciente está siendo transportado.

20-4.4.2 Recompresión en el Agua. La recompresión en el agua debe ser considerada como opción de último recurso, para ser usado solamente cuando la instalación de recompresión no está en el sitio, los síntomas son significantes y no hay perspectiva de obtener una instalación de recompresión dentro de un marco de tiempo razonable (12 a 24 horas). En una emergencia, puede usarse una cámara no certificada si, en la opinión de un Supervisor de Cámaras (DSWS Watchstation 305), es segura de operar. En los buzos con síntomas Tipo II graves, o síntomas de embolismo gaseoso arterial (ej., inconsciencia, parálisis, vértigo, trastornos respiratorios (ahogo), choque, etc.), el riesgo de incrementar el daño al buzo por la recompresión en el agua probablemente pese más que cualquier beneficio anticipado. Generalmente, estos individuos no deben ser recomprimidos en el agua, pero deben ser mantenidos en la superficie con oxígeno al 100%, si está disponible, y evacuados a la instalación de recompresión a pesar del retraso. El buzo afectado debe iniciar respirando oxígeno al 100% inmediatamente (si está disponible). Continúe la respiración con oxígeno en la superficie por 30 minutos antes de decidir por recomprimir en el agua. Si se nota que los síntomas se estabilizan, mejoran o se alivian con el oxígeno al 100%, no intente la recompresión en el agua, a menos que los síntomas reaparezcan con la intensidad original o empeoren cuando el oxígeno es descontinuado. Continúe la respiración con oxígeno al 100% tanto como el suministro dure, hasta un máximo de tiempo de 12 horas. Se le pueden dar al paciente rompimientos con aire como sea necesario. Si el oxígeno en superficie demuestra ser inefectivo después de 30 minutos, inicie la recompresión en el agua. Para evitar hipotermia, es importante considerar la temperatura del agua cuando se realice recompresión en el agua.

20-4.4.2.1 Recompresión en el Agua Usando Aire. La recompresión en el agua usando aire es siempre menos preferible que la recompresión en el agua usando oxígeno.

- Siga la [Tabla de Tratamiento 1A](#) tan exactamente como sea posible.
- Use una máscara o, preferiblemente, un UBA de tipo casco cerrado con suministro desde superficie.
- Nunca recomprima a un buzo en el agua usando un SCUBA con una boquilla, a menos que sea la única fuente respirable disponible.
- Mantenga comunicación constante.
- Mantenga como mínimo a un buzo con el paciente todo el tiempo.
- Planifique cuidadosamente para el cambio de UBA o cilindros.
- Tenga un amplio número de tenders en superficie.
- Si la profundidad es tan poco profunda para el tratamiento completo de acuerdo a la [Tabla de Tratamiento con Aire 1A](#):
 - Recomprima al paciente a la máxima profundidad disponible.
 - Permanezca a la profundidad máxima por 30 minutos.
 - Descomprima de acuerdo a la [Tabla de Tratamiento con Aire 1A](#). No use paradas más cortas que las de la [Tabla de Tratamiento con Aire 1A](#).

20-4.4.2.2 Recompresión en el Agua Usando Oxígeno. Si está disponible oxígeno al 100% para el buzo, usando un respirador de oxígeno, un ORCA, u otro método, el siguiente procedimiento de recompresión en el agua puede ser usado en lugar de la [Tabla de Tratamiento con Aire 1A](#):

- Ponga al buzo afectado con el UBA y haga que purgue el aparato cuando menos tres veces con oxígeno.
- Descienda a la profundidad de 30 pies con un buzo standby.
- Permanezca a 30 pies, en reposo, por 60 minutos para síntomas Tipo I y 90 minutos para síntomas Tipo II. Ascienda a 20 pies aún si los síntomas continúan presentes.
- Descomprima a la superficie haciendo paradas de 60 minutos a 20 y a 10 pies.
- Después de salir a superficie, continúe con respiración de oxígeno al 100% por 3 horas adicionales.
- Si los síntomas persisten o recurren en la superficie, arregle para transportarlo a una instalación de recompresión a pesar del retraso.

20-4.4.2.3 Síntomas Despues de Recompresión en el Agua. La ocurrencia de síntomas Tipo II después de la recompresión en el agua es un signo inquietante y podría progresar a una grave y debilitante enfermedad de descompresión. Debe ser considerada la amenaza de la vida. Las consideraciones operacionales y lo remoto del sitio del buceo dictará la velocidad a la que el buzo pueda ser evacuado a una instalación de recompresión.

20-5 TABLAS DE TRATAMIENTO

20-5.1 Tablas de Tratamiento con Aire. Las [Tablas de Tratamiento con Aire 1A, 2A y 3](#), ([Figuras 20-11, 20-12 y 20-13](#)) son proporcionadas para usarse solamente como un último recurso cuando no hay oxígeno disponible. Las tablas de tratamiento con oxígeno son significativamente más efectivas que las tablas de tratamiento con aire y deben ser utilizadas siempre que sea posible.

20-5.2 Tabla de Tratamiento 5. La [Tabla de Tratamiento 5, Figura 20-4](#), puede ser usada para lo siguiente:

- Síntomas de EDD Tipo I (excepto cutis-marmorata) cuando un examen neurológico completo no ha revelado anormalidad. Después de arribar a 60 pam debe ser realizado un examen neurológico para asegurar que no están presentes síntomas neurológicos evidentes (ej., debilidad, entumecimiento, falta de coordinación). Si se encuentra cualquier anormalidad, el buzo afectado debe ser tratado usando la [Tabla de Tratamiento 6](#).
- Descompresión omitida asintomática
- Tratamiento de síntomas resueltos después de recompresión en el agua.
- Tratamientos de seguimiento por síntomas residuales.
- Envenenamiento por monóxido de carbono.
- Gangrena gaseosa.

20-5.3 Tabla de Tratamiento 6. La [Tabla de Tratamiento 6, Figura 20-5](#), es usada para lo siguiente:

- Embolismo gaseoso arterial

- Síntomas de EDD Tipo II
- Síntomas de EDD Tipo I donde el alivio no es completo dentro de 10 minutos a 60 pies o cuando el dolor es severo y la recompresión inmediata debe ser instituida antes de que pueda ser realizado un examen neurológico completo
- Cutis-marmorata
- Envenenamiento por monóxido de carbono grave, envenenamiento por cianuro o inhalación de humo
- Descompresión omitida sintomática (**N. del T.** El original dice “asintomática”)
- Ascenso descontrolado sintomático
- Recurrencia de síntomas a menor profundidad que 60 pam

20-5.4 **Tabla de Tratamiento 6A.** La [Tabla de Tratamiento 6A, Figura 20-6](#), es usada para tratar embolismo gaseoso arterial o síntomas de descompresión cuando síntomas graves no cambian o empeoran dentro de los primeros 20 minutos a 60 pam. El paciente es comprimido a profundidad de alivio (mejoría significativa), no excediendo de 165 pam. Una vez a la profundidad de alivio, iniciar el tratamiento con gas (N_2O_2 , HeO_2) si está disponible. Consulte con un OMB a la primera oportunidad. Si la gravedad de la condición del paciente lo garantiza, el OMB puede recomendar la conversión a la [Tabla de Tratamiento 4](#).

NOTA **Si se nota deterioro o recurrencia de síntomas durante el ascenso a 60 pies, trate como una recurrencia de síntomas (Figura 20-3).**

20-5.5 **Tabla de Tratamiento 4.** La [Tabla de Tratamiento 4, Figura 20-7](#), es usada cuando se ha determinado que el paciente recibirá un beneficio adicional a la profundidad de alivio significativo, no excediendo de 165 pam. El tiempo a profundidad debe ser entre 30 y 120 minutos, basado sobre la respuesta del paciente. Si se contempla un cambio de la [Tabla de Tratamiento 6A](#) a la [Tabla de Tratamiento 4](#), debe consultarse a un OMB antes de que el cambio sea hecho.

Si hay oxígeno disponible, el paciente iniciará los períodos de respiración con oxígeno inmediatamente una vez que arriba a la parada de 60 pies. Se recomienda respirar períodos de 25 minutos con oxígeno, interrumpidos por 5 minutos con aire, ya que cada ciclo dura 30 minutos. Esto simplifica la toma de tiempo. Inmediatamente que arriba a 60 pies, deben de administrarse un mínimo de cuatro períodos de respiración con oxígeno (para un tiempo total de dos horas). Después de esto, la respiración con oxígeno debe ser administrada a conveniencia de las necesidades del paciente y las condiciones operacionales. El paciente y el tender deben respirar oxígeno por un mínimo de 4 horas (ocho períodos de 25 minutos con oxígeno, 5 minutos con aire), empezando no después de 2 horas antes de que el ascenso desde 30 pies sea iniciado. Estos períodos de respiración con oxígeno pueden ser divididos como sea conveniente, pero un mínimo de 2 horas de períodos de respiración con oxígeno deben ser completadas a 30 pies.

NOTA **Si se nota deterioro o recurrencia de síntomas durante el ascenso a 60 pies, trate como una recurrencia de síntomas (Figura 20-3).**

20-5.6 **Tabla de Tratamiento 7.** La [Tabla de Tratamiento 7, Figura 20-8](#), es una extensión a 60 pies de las [Tablas de Tratamiento 6, 6A o 4](#) (o cualquier otra tabla de tratamiento no estándar). Esto significa que ya ha sido administrado un tratamiento considerable. La [Tabla](#)

de Tratamiento 7 es considerada una medida heroica para tratar embolismo gaseoso arterial grave que no responde o enfermedades de descompresión que amenazan la vida y no está diseñada para tratar todos los síntomas residuales que no mejoran a 60 pies y nunca debe ser usada para tratar dolor residual. La Tabla de Tratamiento 7 debe ser usada solamente cuando se puede perder la vida si se lleva a cabo la descompresión generalmente prescrita desde 60 pies. Comprometer a un paciente a la Tabla de Tratamiento 7 involucra aislar al paciente y atender sus necesidades médicas en la cámara de recompresión por 48 horas o más. En la escena debe haber personal médico de buceo experimentado.

Debe consultarse a un OMB antes de cambiar a la Tabla de Tratamiento 7 y debe darse cuidadosa consideración a la capacidad de soporte de vida de la instalación de recompresión. Ya que es difícil juzgar si las condiciones particulares del paciente garantizan el uso de la Tabla de Tratamiento 7, debe obtenerse una consulta adicional con NEDU o NDSTC.

Cuando se usa la Tabla de Tratamiento 7, se debe pasar un mínimo de 12 horas a 60 pies, incluyendo el tiempo pasado a 60 pies en la Tabla de Tratamiento 4, 6 o 6A. Los casos de enfermedad de descompresión Tipo II graves y/o embolismo gaseoso arterial pueden continuar deteriorándose significativamente sobre las primeras horas. Esto no debe ser causa de cambios prematuros en la profundidad. No inicie la descompresión desde 60 pies por al menos 12 horas. Al completar la estadía de 12 horas, debe tomarse la decisión si descomprimir o pasar tiempo adicional a 60 pies. Si no fue notada mejoría durante las primeras 12 horas, el beneficio de tiempo adicional a 60 pies es poco probable y la descompresión debe ser iniciada. Si el paciente está mejorando pero permanecen síntomas residuales significativos (ej., parálisis de miembros, respiración anormal o ausente), puede ser garantizado el tiempo adicional a 60 pies. Mientras el tiempo real que puede pasarse a 60 pies es ilimitado, la cantidad de tiempo real adicional que pueda pasarse más allá de 12 horas solo puede ser determinado por un OMB (en consulta con el personal de supervisión en el sitio), basado en la respuesta del paciente a la terapia y los factores operacionales. Cuando el paciente ha progresado al punto de estar consciente, puede respirar independientemente y puede mover todas las extremidades, la descompresión puede iniciarse y mantenerse tanto como la mejoría continúe. Debe establecerse evidencia sólida de beneficio continuo para estadías más largas que 18 horas a 60 pies. Sin importar la duración de la recompresión a más de 60 pies, debe pasarse un mínimo de 12 horas a 60 pies y entonces continuar la Tabla de Tratamiento 7 hasta superficie. No debe ser emprendida en estos casos la recompresión adicional a más de 60 pies a menos que esté disponible el soporte de vida adecuado.

20-5.6.1

Descompresión. La descompresión de la Tabla de Tratamiento 7 es iniciada con una excursión ascendente a tiempo cero desde 60 a 58 pies. Se hacen excursiones ascendentes subsecuentes de 2 pies a los intervalos de tiempo listados, apropiados a la velocidad de descompresión:

Tabla 20-2. Descompresión

Profundidad	Velocidad	Intervalo de Tiempo
58-40 pies	3 pies/hora	40 min
40-20 pies	2 pies/hora	60 min
20-4 pies	1 pie/hora	120 min

El tiempo de ascenso entre paradas es considerado como parte del tiempo de intervalo para la parada menos profunda próxima. Los intervalos de tiempo mostrados arriba inician cuando el ascenso a la parada menos profunda próxima ha iniciado.

- 20-5.6.2 **Tenders.** Cuando se usa la [Tabla de Tratamiento 7](#), los tenders respiran la atmósfera de la cámara durante todo el tratamiento y descompresión.
- 20-5.6.3 **Previniendo Salida a Superficie Anticipada e Inadvertida.** Una vez llegando a 4 pies, la descompresión debe ser detenida por 4 horas. Al final de las 4 horas, descomprima a superficie a 1 pie por minuto. Este procedimiento previene salida a superficie anticipada e inadvertida.
- 20-5.6.4 **Respiración con Oxígeno.** En la [Tabla de Tratamiento 7](#), el paciente debe iniciar los períodos de respiración con oxígeno a 60 pies tan pronto como sea posible. Deben ser usados períodos de respiración con oxígeno de 25 minutos con O₂ al 100%, seguido de 5 minutos respirando la atmósfera de la cámara. Normalmente, son alternados 4 períodos de respiración de oxígeno con 2 horas continuas respirando aire. En pacientes conscientes, estos ciclos deben continuarse hasta que ha sido administrado un mínimo de ocho períodos respirando oxígeno (los períodos respirando oxígeno al 100% previos pueden ser contados contra estos ocho períodos). Más allá de esto, los períodos de respiración con oxígeno deben ser continuados como lo recomienda el OMB, tanto como se note mejoría y el oxígeno sea tolerado por el paciente. Si la respiración de oxígeno causa dolor significante a la inspiración, debe ser discontinuado, a menos que se tenga la impresión de que se está obteniendo beneficio significante por la respiración de oxígeno. En pacientes inconscientes, la respiración de oxígeno debe ser detenida después de que ha sido administrado un máximo de 24 períodos. El número real y la duración de los períodos respirando oxígeno deben ser ajustados por el OMB para a la conveniencia de las condiciones clínicas del paciente y la respuesta a la toxicidad pulmonar por oxígeno.
- 20-5.6.5 **Durmiendo, Descansando y Comiendo.** Como mínimo dos tenders deben estar disponibles cuando se usa la [Tabla de Tratamiento 7](#), y pueden ser necesario tres para los pacientes gravemente enfermos. No se requiere que todos los tenders estén en la cámara, y ellos pueden estar dentro y fuera como se requiera, siguiendo las tablas de descompresión apropiadas. El paciente puede dormir en cualquier momento, excepto cuando respira oxígeno a mayor profundidad que 30 pies. Mientras duerme, el pulso, la respiración y la presión sanguínea deben ser monitoreados y anotados a intervalos apropiados a la condición del paciente. Los alimentos pueden ser tomados en cualquier momento y la ingesta de líquidos debe mantenerse.
- 20-5.6.6 **Cuidados Auxiliares.** En los pacientes en [Tabla de Tratamiento 7](#) que requieren terapia intravenosa y/o drogas, estas tienen que ser administradas de acuerdo con el [párrafo 20-11](#) y sub-párrafos asociados.
- 20-5.6.7 **Soporte de Vida.** Antes de comprometerse en una [Tabla de Tratamiento 7](#), deben dirigirse las consideraciones de soporte de vida del [párrafo 20-7](#). No se comprometa a una [Tabla de Tratamiento 7](#) si la temperatura del interior de la cámara no puede ser mantenida a 85°F (29°C) o menos.
- 20-5.7** **Tabla de Tratamiento 8.** La [Tabla de Tratamiento 8](#), Figura 20-9, es una adaptación de la Tabla de Tratamiento 65 de la Royal Navy, principalmente para tratamiento de ascensos descontrolados profundos (ver [Capítulo 14](#)) cuando se han perdido más de 60 minutos de descompresión. Comprima al paciente sintomático a la profundidad de alivio, no excediendo de 225 pam. Inicie la [Tabla de Tratamiento 8](#) desde la profundidad de alivio. La cédula de la [Tabla de Tratamiento 8](#) desde 60 pies es la misma que la de la [Tabla de Tratamiento 7](#). Las guías para comer y dormir son las mismas de la [Tabla de Tratamiento 7](#).
- 20-5.8** **Tabla de Tratamiento 9.** La [Tabla de Tratamiento 9](#), Figura 20-10, es una tabla de tratamiento con oxígeno hiperbárico, suministrando 90 minutos de respiración de oxígeno a 45 pies. Esta tabla es utilizada solamente bajo la recomendación de un OMB conocedor de la condición médica del paciente. La [Tabla de Tratamiento 9](#) es usada para lo siguiente:

1. Síntomas residuales de EGA/EDD permaneciendo después del tratamiento inicial
2. Casos seleccionados de envenenamiento por monóxido de carbono o cianuro
3. Inhalación de humo

Esta tabla puede también ser recomendada por el OMB conocedor que inicialmente trató a un paciente severamente lesionado, cuya condición médica impide largas ausencias de la atención médica definitiva.

20-6 TRATAMIENTO DE RECOMPRESIÓN PARA TRASTORNOS QUE NO SON DE BUCEO

Además de los individuos que sufren de trastornos de buceo, las cámaras de recompresión de la Marina de E.U. también están permitidas para realizar terapia emergente con oxígeno hiperbárico (OHB), para tratar individuos que sufren de envenenamiento por cianuro, envenenamiento por monóxido de carbono, gangrena gaseosa, inhalación de humo, infecciones necrotizantes de tejidos blandos o embolismo gaseoso arterial por cirugía, procedimientos diagnósticos o trauma torácico.

Tabla 20-3. Guías para Realizar Terapias de Oxigenación Hiperbárica.

Indicación	Tabla de Tratamiento	Tratamientos Mínimos	Tratamientos Máximos
Envenenamiento por Monóxido de Carbono e Inhalación de Humo	Tabla de Tratamiento 5 ó Tabla 6 como lo recomiende el OMB	1	5
Gangrena Gaseosa (Mionecrosis Clostridial)	Tabla de Tratamiento 5 TID x 1 día, después BID x 4 - 5 días	5	10
Lesión por Aplastamiento, Síndrome Compartimental y otras Isquemias Traumáticas Agudas	Tabla de Tratamiento 9 TID x 2 días BID x 2 días QD x 2 días	3	12
Mejoría de la Curación en Heridas Seleccionadas	Tabla de Tratamiento 9 QD o BID	10	60
Infecciones Necrotizantes de Tejidos Suaves (tejido subcutáneo, músculo, fascia)	Tabla de Tratamiento 9 BID Inicialmente, después QD	5	30
Osteomielitis (refractaria)	Tabla de Tratamiento 9 QD	20	60
Tejidos Dañados por Radiación (osteoradionecrosis)	Tabla de Tratamiento 9 QD	20	60
Injertos y Colgajos de Piel (comprometidos)	Tabla de Tratamiento 9 BID Inicialmente, después QD	6	40
Quemaduras Térmicas	Tabla de Tratamiento 9 TID x 1 día, después BID	5	45

QD = 1 vez en 24 horas BID = 2 veces en 24 horas TID = 3 veces en 24 horas

Para más información, vea Hyperbaric Oxygen Therapy: A Committee Report, 1996 Revision.

Si la cámara va a ser usada para el tratamiento de condiciones médicas no relacionadas a buceo, diferentes a las anotadas arriba, deberá ser obtenida una autorización de BUMED Código M3B42 antes que el tratamiento inicie (BUMEDINST serie 6320.38). Cualquier tratamiento de una condición médica no relacionada a buceo debe hacerse bajo el conocimiento de un Oficial Médico de Buceo.

Las guías dadas en la [Tabla 20-3](#) para la conducción de terapia OHB son tomadas del Comité de Terapia con Oxígeno Hiperbárico, Reporte-2003: Indicaciones Aprobadas para Terapia con Oxígeno Hiperbárico, de la Sociedad Médica Subacuática e Hiperbárica (UHMS). Para cada condición, las guías prescriben la Tabla de Tratamiento recomendada, la frecuencia del tratamiento y el número de tratamiento mínimos y máximos.

20-7 CONSIDERACIONES DEL SOPORTE DE VIDA DE LA CÁMARA DE RECOMPRESIÓN

Las tablas de tratamiento cortas (Tablas de Tratamiento con Oxígeno [5, 6, 6A](#); [Tablas de Tratamiento con Aire 1A y 2A](#)) pueden ser realizadas fácilmente sin esfuerzo significante sobre la instalación de la cámara de recompresión o la tripulación de soporte. Las tablas de tratamiento largas ([Tablas 3, 4, 7 y 8](#)) requerirán largos períodos de descompresión y pueden poner a prueba severamente al personal y equipo.

20-7.1 Requerimientos Mínimos de Personal. El equipo mínimo para conducir cualquier operación de recompresión consistirá de tres individuos. En caso de emergencia, la cámara de recompresión puede ser operada con dos individuos.

- El Supervisor de Buceo está a completo cargo en la escena de la operación, llevando los tiempos individuales y globales de la operación, anotando el progreso y comunicándose con el personal del interior de la cámara.
- El Tender Externo es responsable de la operación del suministro de gas, la ventilación, presurización y descompresión de la cámara.
- El Tender Interno está familiarizado con el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades relacionadas al buceo.

20-7.2 Requerimientos Óptimos de Personal. El equipo óptimo para conducir operaciones de recompresión consiste de cuatro individuos:

- El Supervisor de Buceo está a completo cargo en la escena de la operación.
- El Tender Externo No. 1 es responsable de la operación del suministro de gas, la ventilación, presurización y descompresión de la cámara.
- El Tender Externo No. 2 es responsable de llevar los tiempos individuales y globales de la operación, anotando el progreso como lo dirija el Supervisor de Buceo, y de la comunicación con el personal del interior de la cámara.
- El Tender Interno está familiarizado con el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades relacionadas al buceo.

20-7.2.1 Personal Adicional. Si el paciente tiene síntomas de enfermedad de descompresión grave o embolismo gaseoso arterial, el equipo requerirá personal adicional. Si el tratamiento es prolongado, un segundo equipo puede tener que relevar al primer equipo. Los pacientes con enfermedad de descompresión grave y embolismo gaseoso arterial podrían inicialmente ser

acompañados en el interior de la cámara por un Técnico Médico de Buceo u OMB, si es posible. Sin embargo, el tratamiento no debe ser retrasado para cumplir con estas recomendaciones.

- 20-7.2.2** **Consultas Requeridas con un OMB.** Un Oficial Médico de Buceo debe ser consultado tan pronto como sea posible en todos los tratamientos de recompresión, y, si es posible, antes de comprometer al paciente a una [Tabla de Tratamiento 4, 7, u 8](#). El OMB puede estar en la escena o en comunicación con el Supervisor de Buceo. En todos los casos un OMB debe ser consultado antes de liberar al paciente del tratamiento.
- 20-7.3** **Control de Oxígeno.** Todas las cédulas de tratamiento que aparecen en este capítulo son ejecutadas normalmente con atmósfera de aire en la cámara. Para realizar la descompresión segura, no se debe permitir que el porcentaje de oxígeno baje de 19%. Puede añadirse oxígeno a la cámara por ventilación con aire o dejando salir oxígeno desde un sistema de respiración de oxígeno. Si está disponible un analizador de oxígeno portátil, puede usarse para determinar la adecuación de la ventilación y/o adición de oxígeno. Si no hay analizador de oxígeno disponible, la ventilación de la cámara de acuerdo al [párrafo 20-7.6](#) asegurará la oxigenación adecuada. Son permitidos porcentajes de oxígeno tan altos como 25%. Si la cámara está equipada con un sistema de soporte de vida, entonces la ventilación no es requerida y si un analizador de oxígeno está disponible, el nivel de oxígeno debe mantenerse entre 19 y 25%. Si el oxígeno de la cámara va arriba de 25%, debe usarse la ventilación con aire para bajar el porcentaje de oxígeno.
- 20-7.4** **Control de Bióxido de Carbono.** La ventilación de la cámara de acuerdo con el [párrafo 20-7.6](#) asegurará que el bióxido de carbono producido metabólicamente no causará que el nivel de CO₂ en la cámara exceda de 1.5% VES (11.4 mmHg).
- 20-7.4.1** **Monitoreo del Bióxido de Carbono.** El CO₂ de la cámara debe vigilarse con monitores electrónicos. Los monitores generalmente leen el porcentaje de CO₂ una vez que el aire de la cámara sale a superficie. El porcentaje de CO₂ leído en la superficie a 1 ata debe corregirse para la profundidad. Para mantener el CO₂ de la cámara debajo de 1.5% VES (11.4 mmHg), los valores del monitor de CO₂ en superficie deben permanecer debajo de 0.78% con la profundidad de la cámara a 30 pies, 0.53% a 60 pies y 0.25% a 165 pies. Si el analizador de CO₂ está dentro de la cámara, no es necesaria ninguna corrección en la lectura.
- 20-7.4.2** **Eliminación del Bióxido de Carbono.** Si la cámara está equipada con un depurador (scrubber) de CO₂, el absorbente debe cambiarse cuando la presión parcial de CO₂ en la cámara alcance 1.5 VES (11.4 mmHg). Si no puede ser cambiado el absorbente, se requerirá ventilación suplementaria de la cámara para mantener los niveles de CO₂ aceptables. Con múltiples trabajadores u ocupantes de la cámara, puede ser necesaria la ventilación suplementaria para mantener el nivel de CO₂ aceptable.
- 20-7.4.3** **Absorbente de Bióxido de Carbono.** El absorbente de CO₂ puede usarse después de su fecha de expiración, cuando se usa en una cámara de recompresión equipada con monitor de CO₂. Cuando se emplea en una cámara sin monitor de CO₂, el absorbente de una cubeta abierta, pero resellada, puede usarse hasta que se alcance la fecha de expiración marcada en la cubeta. Las canastillas pre-cargadas, envueltas en doble bolsa, deben marcarse con la fecha de expiración de la cubeta del absorbente para las cámaras de recompresión sin monitor de CO₂.
- 20-7.5** **Control de la Temperatura.** Si es posible, la temperatura interior de la cámara debe mantenerse a un nivel confortable para los ocupantes. Normalmente puede refrescarse realizando la ventilación de la cámara. Si la cámara está equipada con una unidad de calefacción/enfriamiento, el control de la temperatura puede ser mantenido normalmente confortable para los ocupantes de la cámara bajo cualquier condición ambiental externa. Normalmente, las cámaras de recompresión llegarán a calentarse y deben refrescarse

continuamente. Las cámaras siempre deben taparse de la luz solar directa. La duración máxima de los ocupantes de la cámara dependerá de la temperatura interna, como se anota en la [Tabla 20-4](#).

Tabla 20-4. *Tiempos de Exposición Máxima Permitidos en Cámaras de Recompreión a Varias Temperaturas.*

Temperatura Interna	Tiempo Máximo de Tolerancia	Tablas de Tratamiento Permitidas
Arriba de 104 °F (40 °C)	Intolerable	No hay tratamientos
95 - 104 °F (34.4 - 40 °C)	2 horas	Tablas 5 y 9
85 - 94 °F (29.4 - 34.4 °C)	6 horas	Tablas 5, 6, 6A, 1A, 9
Abajo de 85 °F (29.4 °C)	Ilimitado	Todas

NOTA:
La temperatura interna de la cámara puede mantenerse considerablemente abajo de la del ambiente ventilando o usando una unidad de refrigeración. La temperatura interna puede medirse usando termómetros electrónicos, bimetálicos, de alcohol o de cristal líquido. Nunca use un termómetro de mercurio dentro o alrededor de las cámaras. Ya que la ventilación de la cámara provocará que la temperatura varíe, los límites indicados deben ser usados como promedio cuando se controle la temperatura mediante la ventilación. Siempre cubra la cámara de los rayos directos del sol.

Nunca se comprometa a una tabla de tratamiento que expondrá a los ocupantes de la cámara a las combinaciones Temperatura/tiempo más grandes que las anotadas en la [Tabla 20-4](#), a menos que sea consultado personal médico calificado que pueda evaluar el intercambio entre el estrés calórico proyectado y el beneficio anticipado del tratamiento. Siempre es deseable una temperatura en la cámara entre 85°F (29.4°C), sin importar que tabla de tratamiento se use.

Para pacientes con daño cerebral o de médula espinal, la evidencia actual recomienda tratamiento agresivo de la temperatura del cuerpo elevada. Cuando se traten víctimas de EGA o EDD neurológica grave, debe evitarse, lo más posible, ambientes calientes que eleven la temperatura del cuerpo arriba de lo normal. Como en la EDD, la temperatura del paciente debe ser monitoreada rutinariamente con los otros signos vitales.

- 20-7.5.1 Hidratación del Paciente.** Asegúrese siempre que los pacientes estén adecuadamente hidratados. A los pacientes completamente conscientes se les puede dar fluidos orales para mantener la adecuada hidratación. Uno o dos litros de agua, jugo o bebidas no carbonatadas normalmente son suficientes para el curso de una [Tabla de Tratamiento 5 ó 6](#). Pacientes con síntomas Tipo II, o síntomas de embolismo gaseoso arterial, deben ser considerados para fluidos IV. A pacientes estuporosos o inconscientes siempre se les deben dar fluidos IV, utilizando catéteres plásticos grandes. Si está presente personal entrenado, tan pronto como sea posible debe iniciarse una vía intravenosa, y mantener el goteo a una velocidad de 75 a 100 cc/hora, usando fluidos isotónicos (Solución de Lactato de Ringer, Solución Salina Normal) hasta que sean dadas instrucciones específicas acerca de la velocidad y tipo de fluido administrado por personal médico calificado. Evite soluciones conteniendo glucosa (Dextrosa) si están presentes lesiones del cerebro o médula espinal. La administración intravenosa de glucosa puede empeorar el resultado. En algunos casos, la vejiga puede estar paralizada. La capacidad de la víctima para orinar debe ser valorada tan pronto como sea posible. Si el paciente no puede vaciar una vejiga llena, debe insertarse un catéter urinario tan pronto como sea posible por personal entrenado. Siempre infle el globo del catéter con

líquido, no aire. Los fluidos adecuados están siendo dados cuando la orina es de al menos 0.5 cc/kg/hora. La sed es un indicador no confiable de la ingesta de agua para compensar por fuerte sudoración. Un indicador útil de la apropiada hidratación es una orina clara e incolora.

20-7.6 Ventilación de la Cámara. La ventilación es el medio habitual para controlar el nivel de oxígeno, bióxido de carbono y temperatura. Se requiere la ventilación con aire en cámaras sin depurador de CO₂ ni análisis atmosférico. Debe usarse una proporción de ventilación de 2 p³/min reales por cada ocupante en reposo, y 4 p³/min reales por cada ocupante activo. Estos procedimientos están diseñados para asegurar que la concentración efectiva de CO₂ no excederá de 1.5% VES (11.4 mmHg) y que, cuando se usa oxígeno, el porcentaje en la cámara no exceda de 25%.

20-7.7 Acceso a los Ocupantes de la Cámara. Los tratamientos de recompresión normalmente requieren acceso a los ocupantes, para pasarles artículos tales como comida, agua y drogas y sacar cosas como orina, excremento y basura. Nunca intente un tratamiento más largo que una [Tabla de Tratamiento 6](#) a menos que haya acceso a los ocupantes del interior. Cuando se está haciendo una [Tabla de Tratamiento 4, 7 u 8](#), es obligatoria una cámara de doble compartimiento, ya que puede tener que estar entrando y saliendo personal adicional durante el tratamiento.

20-7.8 Tenders Internos. Cuando se conduce un tratamiento de recompresión, al menos un tender calificado debe estar dentro de la cámara. El tender interno debe estar familiarizado con todos los procedimientos de tratamiento y los signos, síntomas y tratamiento de todos los trastornos relacionados al buceo. Personal médico puede tener que entrar a la cámara como lo dicte la condición del paciente.

20-7.8.1 Responsabilidades del Tender Interno. Durante las primeras fases del tratamiento, el tender interno debe monitorear constantemente al paciente por signos de alivio. No deben darse drogas que enmascaren los signos de la enfermedad. La observación de estos signos es el método principal de diagnóstico en los pacientes enfermos. Además, la profundidad y el tiempo de su alivio ayudan a determinar la tabla de tratamiento a ser usada. El tender interno es también responsable de:

- Quitar los seguros de la puerta después de hacer sello
- La comunicación con el personal del exterior
- Proporcionar los primeros auxilios requeridos por el paciente
- Administrar el gas de tratamiento al paciente en la profundidad de tratamiento
- Proporcionar la asistencia normal al paciente como se requiera
- Asegurarse que los atenuadores de sonido para la protección de los oídos están en uso durante las etapas de compresión y ventilación en los tratamientos de recompresión
- Asegurarse que el paciente está acostado y posicionado para permitir la libre circulación de la sangre a todas las extremidades.

20-7.8.2 OMB o TMB como Tender Interno. Si se sabe antes de iniciar el tratamiento que debe administrarse terapia adjunta o soporte médico avanzado al paciente (los ejemplos incluyen una IV o mantenimiento de una vía aérea), o si se sospecha que el paciente sufre embolismo gaseoso arterial, debe acompañar al paciente en el interior de la cámara un Técnico Médico de Buceo o un Oficial Médico de Buceo. Sin embargo, el tratamiento de recompresión no debe ser retrasado mientras se espera el arribo del OMB o TMB.

- 20-7.8.3 **Uso del OMB Como Tender Interno.** Si solamente un OMB está en el sitio, el Oficial Médico debe entrar y salir como lo dicte la condición del paciente, pero no debe comprometerse al tratamiento entero a menos que sea absolutamente necesario. Una vez comprometido a permanecer en la cámara, la efectividad del OMB en la dirección del tratamiento disminuye ampliamente y la consulta con otro personal médico llega a ser más difícil. Si son necesarios algunos periodos en la cámara, si es posible, las visitas deben mantenerse en los límites de no-descompresión.
- 20-7.8.4 **Tender-Médico Interno No Buzo.** El personal médico no buzo puede estar calificado como Tender Interno (los ejemplos podrían incluir Cuerpo de Hombres de la Reserva Naval de E.U. y personal de enfermería). Las calificaciones pueden obtenerse a través del PQS Buzo Tender Interno de la Marina. Requisitos previos: Examen físico normal de buceo, conforme a los estándares físicos de la Marina y prueba de presión de candidatos a buzos.
- 20-7.8.5 **Cuidados Médicos Especializados.** Las situaciones de emergencia que requieren atención médica especializada siempre deben tener la persona mejor calificada para suministrarla. La persona mejor calificada puede ser un cirujano, terapeuta respiratorio, IDC, etc. Ya que estas son exposiciones de emergencia, no existen requisitos previos médicos o físicos especiales. Se requiere un Tender Interno calificado en el interior de la cámara para manejar cualquier requerimiento relativo al sistema.
- 20-7.8.6 **Tender interno Respirando Oxígeno.** Durante los tratamientos, todos los ocupantes de la cámara pueden respirar oxígeno al 100% a profundidades de 45 pies o menores sin introducir personal adicional. Los tenders no deben sujetarse las mascarillas de oxígeno a la cabeza, pero deben sostenerlas en su cara. Cuando se está más profundo de 45 pies, cuando menos un ocupante de la cámara debe respirar aire. Los requerimientos de respiración de oxígeno del Tender están especificados en la figura de cada tabla de Tratamiento.
- 20-7.8.7 **Frecuencia Como Tender.** Normalmente, se le debe permitir a los tenders un intervalo en superficie de cuando menos 18 horas entre tratamientos consecutivos con [Tablas de Tratamiento 1A, 2A, 3, 5, 6 y 6A](#), y cuando menos 48 horas entre tratamientos consecutivos con [Tablas 4, 7 y 8](#). Sin embargo, si es necesario, los tenders pueden repetir [Tablas de Tratamiento 5, 6 o 6A](#) dentro de las 18 horas de intervalo en superficie si respiró oxígeno a 30 pies y a menos profundidad como se señaló en la [Tabla 20-6](#). El intervalo en superficie mínimo para las [Tablas de Tratamiento 1A, 2A, 3, 4, 7 y 8](#) debe ser estrictamente observado.
- 20-7.9 **Ecualizando Durante el Descenso.** La velocidad de descenso puede tener que ser disminuida como sea necesario para permitirle al paciente que ecualice; sin embargo, es vital lograr la profundidad del tratamiento de una manera oportuna para un paciente sospechoso de embolismo gaseoso arterial.
- 20-7.10 **Uso de Mezclas con Alta Concentración de Oxígeno.** Las mezclas con alta concentración de oxígeno N₂O₂/HeO₂ pueden utilizarse para tratar pacientes cuando se requiere recompresión más profundo que 60 pam. Estas mezclas ofrecen significativas ventajas terapéuticas sobre el aire. Seleccione un gas de tratamiento que producirá una ppO₂ entre 1.5 y 3.0 ata a la profundidad de tratamiento. Las mezclas de gas estandarizadas mostradas en la [Tabla 20-5](#) son convenientes sobre el rango de profundidad de 61-225 pam.
- Las enfermedades de descompresión después de buceos con helio pueden ser tratadas con mezclas de nitrógeno o helio. Para recompresión más profundo que 165 pam, son preferidas las mezclas con helio para evitar la narcosis. La situación es menos clara para el tratamiento de enfermedad de descompresión después de buceos con aire o nitrógeno-oxígeno. Estudios experimentales han mostrado beneficio y daño en el tratamiento con helio. Hasta que se obtenga más experiencia, si están disponibles, las mezclas con alta concentración de oxígeno con nitrógeno como diluyente son preferidas. Mezclas con alta concentración de oxígeno

también pueden sustituir al oxígeno 100% a 60 pam y menos profundo en [Tablas de Tratamiento 4, 7 y 8](#) si el paciente es incapaz de tolerar el oxígeno al 100%.

Tabla 20-5. Mezcla de Gases de Tratamiento con Alta Concentración de Oxígeno.

Profundidad (pam)	Mezcla (HeO ₂ ó N ₂ O ₂)	ppO ₂
0 - 60	100%	1.00 - 2.82
61 - 165	50/50	1.42 - 3.0
166 - 225	64/36 (Solo HeO ₂)	2.17 - 2.81

- 20-7.11 Toxicidad por Oxígeno Durante el Tratamiento.** La toxicidad por oxígeno del SNC aguda puede desarrollarse en cualquier tabla de tratamiento con oxígeno.

Durante los tratamientos prolongados con las [Tablas de Tratamiento 4, 7 u 8](#), y con [Tablas de Tratamiento 6](#) repetidas, también puede desarrollarse toxicidad pulmonar por oxígeno.

- 20-7.11.1 Toxicidad por Oxígeno del SNC.** Cuando se emplean las tablas de tratamiento con oxígeno, los tenders deben estar particularmente alertas por los primeros signos de toxicidad por oxígeno del SNC. Los síntomas pueden ser recordados rápidamente usando la nemotecnia VONCIMC (Visión, Oídos, Náusea, Contracciones/Hormigueo, Irritabilidad, Mareo, Convulsiones). Desafortunadamente, una convulsión puede ocurrir sin signos de aviso tempranos o antes de que el paciente pueda retirarse el oxígeno en respuesta al primer signo de toxicidad por oxígeno del SNC. La toxicidad por oxígeno del SNC es poco probable en individuos en reposo a profundidades de la cámara de 50 pam o menos profundo, y muy poco probable a 30 pam o menos profundo, sin importar el nivel de actividad. Sin embargo, pacientes con síntomas de enfermedad de descompresión Tipo II grave o embolismo gaseoso arterial, pueden ser anormalmente sensibles a la toxicidad por oxígeno del SNC. También pueden ocurrir convulsiones no relacionadas a toxicidad por oxígeno y puede ser imposible distinguirlas de los ataques por oxígeno.

- 20-7.11.1.1 Procedimientos en el Evento de Toxicidad por Oxígeno del SNC.** Al primer signo de toxicidad por oxígeno del SNC, se debe quitar el oxígeno al paciente y permitir que respire el aire de la cámara. Quince minutos después de que todos los síntomas han remitido, continúe la respiración con oxígeno. Para [Tablas de Tratamiento 5, 6, y 6A](#), continúe el tratamiento en el punto de interrupción. Para [Tablas de Tratamiento 4, 7 y 8](#) no se requieren prolongamientos compensatorios de la tabla. Si los síntomas de toxicidad por oxígeno del SNC se desarrollan otra vez, o si el primer síntoma es una convulsión, tome la siguiente acción:

- PRECAUCIÓN** **No es recomendado insertar un instrumento para vías aéreas o mordedura mientras el paciente está convulsionando; no solo es difícil, sino que puede causar daño si se intenta.**

Para [Tablas de Tratamiento 5, 6 y 6A](#):

- Quite la mascarilla
- Después de que todos los síntomas han remitido completamente, descomprima 10 pies a una velocidad de 1 pam/min. Por una convulsión, inicie el ascenso cuando el paciente está completamente relajado y respirando normalmente.

- Continúe la respiración con oxígeno en la menor profundidad en el punto de interrupción.
- Si ocurre otro síntoma por oxígeno después de ascender 10 pam, contacte a un OMB para que recomiende las modificaciones apropiadas a la cédula de tratamiento.

Para [Tablas de Tratamiento 4, 7 y 8](#):

- Quite la mascarilla
- Consulte con un OMB antes de administrar respiración con oxígeno adicional. No se requieren prolongamientos compensatorios a la tabla por la interrupción de la respiración con oxígeno.

20-7.11.2 Toxicidad Pulmonar por Oxígeno. La toxicidad pulmonar por oxígeno es poco probable que se desarrolle en las [Tablas de Tratamiento 5, 6 ó 6A](#) sencillas. En las [Tablas de Tratamiento 4, 7 y 8](#), o con [Tablas de Tratamiento 5, 6 ó 6A](#) repetidas (especialmente con extensiones), la prolongada exposición al oxígeno puede resultar en molestia al final de la inspiración, progresando a ardor subesternal y dolor severo en la inspiración. Si un paciente que está respondiendo bien al tratamiento se queja de ardor subesternal, descontinúe el uso de oxígeno y consulte con un OMB. Sin embargo, si permanece un déficit neurológico significativo y continua la mejoría (o si ocurre deterioro cuando se interrumpe la respiración con oxígeno), el oxígeno debe continuarse tanto como se considere benéfico o hasta que lo limite el dolor a la inspiración. Si la respiración con oxígeno debe ser continuada más allá del periodo de ardor subesternal, o si el rompimiento con aire de 2 horas en las [Tablas de Tratamiento 4, 7 u 8](#) no puede ser usado por la deterioración al discontinuar el oxígeno, los periodos de respiración con oxígeno deben ser cambiados a 20 minutos con oxígeno, seguidos de 10 minutos respirando el aire de la cámara o debe considerarse una mezcla de gas de tratamiento alternativa con menor porcentaje de oxígeno. El OMB puede adaptar las guías anteriores a la conveniencia de la respuesta individual del paciente al tratamiento.

20-7.12 Pérdida de Oxígeno Durante el Tratamiento. La pérdida de la capacidad de respirar con oxígeno durante los tratamientos es una ocurrencia rara. Sin embargo, si esto ocurre, se debe hacer lo siguiente:

Si la reparación puede ser efectuada dentro de 15 minutos:

- Mantenga la profundidad hasta que se complete la reparación.
- Después de que el O₂ sea restaurado, reanude el tratamiento en el punto de interrupción.

Si la reparación puede ser efectuada después de 15 minutos pero antes de 2 horas:

- Mantenga la profundidad hasta que se complete la reparación.
- Después de que el O₂ es restaurado: Si la tabla original fue Tabla 5, 6 ó 6A, complete el tratamiento con el máximo número de extensiones de O₂.

20-7.12.1 Compensación. Si está siendo usada [Tabla 4, 7 u 8](#), no se necesita compensación en la descompresión si se pierde el O₂. Si la descompresión debe ser detenida por el empeoramiento de los síntomas en el buzo afectado, entonces se para la descompresión. Cuando el oxígeno es restaurado, continúe el tratamiento desde donde este fue detenido.

20-7.12.2 Cambiando a Tabla de Tratamiento con Aire. Si la respiración con O₂ no puede ser restaurada en 2 horas, cambie a una Tabla de Tratamiento con aire comparativa, a la presión

actual para descompresión si se está a 60 pam o menos. La velocidad de ascenso no debe exceder 1 pie por minuto entre paradas. Si los síntomas empeoran y es necesario un incremento en la profundidad de tratamiento a más de 60 pies, use la [Tabla de Tratamiento 4](#).

20-7.13

Tratamiento a Altitud. Antes de iniciar la terapia de recompresión, se deben poner en cero los profundímetros de la cámara para ajustar la altitud. Entonces use las profundidades como son especificadas en la tabla de tratamiento. No hay necesidad de “Corrección Cruzada” en las profundidades de la tabla de tratamiento. Los buzos que sirven como tenders internos durante los tratamientos hiperbáricos a altitud, están ejerciendo un buceo de altitud y por lo tanto requieren más descompresión que al nivel del mar. Los tenders presurizados en la cámara por breves períodos deben ser manejados de acuerdo a los procedimientos de Buceo de Altitud ([Capítulo 9, párrafo 9-13](#)). Los tenders que permanecen en la cámara durante toda la tabla de tratamiento deben respirar oxígeno durante la porción terminal del tratamiento para satisfacer sus requerimientos de descompresión.

La respiración con oxígeno adicional requerida a altitud en [Tabla de Tratamiento 5](#), [Tabla de Tratamiento 6](#) y [Tabla de Tratamiento 6A](#) está dada en la [Tabla 20-6](#). Los requerimientos se refieren a los tenders equilibrados a la altitud y a los tenders que volaron directamente del nivel del mar a la localización de la cámara. Contacte a NEDU por las guías de requerimiento de oxígeno al tender para otras tablas de tratamiento.

Tabla 20-6. Requerimientos de Respiración de Oxígeno para Tenders. (Nota 1)

		Altitud		
Tabla de Tratamiento (TT)		Superficie a 2499 pies	2500 - 7499 pies	7500 – 10,000 pies
TT5 Nota (2)	sin extensión	:00	:00	:00
	con extensión @ 30 pam	:00	:00	:20
TT6 Nota (2)	hasta una extensión @ 60 pam ó 30 pam	:30	:60	:90
	más de una extensión	:60	:90	:120
TT6A Nota (2)	hasta una extensión @ 60 pam ó 30 pam	:60	:120	:150 Nota (3)
	más de una extensión	:90	:150 Nota (3)	:180 Nota (3)
Nota 1: Todos los tiempos de respiración de O ₂ de los tenders en la tabla son llevados a cabo a 30 pam. Además, los tenders respirarán O ₂ durante el ascenso desde 30 pam a la superficie.				
Nota 2: Si el tender tuvo una exposición hiperbárica previa dentro de las últimas 18 horas, use la siguiente guía para la administración del oxígeno: Para TT5, agregue a los tiempos de la tabla un período adicional de 20 min respirando O ₂ . Para TT6 ó TT6A, agregue a los tiempos de la tabla un período adicional de 60 min respirando O ₂ . Para otras tablas de Tratamiento contacte a NEDU por las guías.				
Nota 3: En algunos casos, la obligación del tender para respirar oxígeno excede el tiempo de estadía en la tabla a 30 pam. Extienda el tiempo a 30 pam para cumplir con esas obligaciones si lo permite la condición del paciente. De otra manera, administre O ₂ al tender hasta el límite permitido por la tabla de tratamiento, y observe al tender en la superficie por 1 hora buscando síntomas de EDD.				

20-8 CONSIDERACIONES POSTERIORES AL TRATAMIENTO.

Los tenders en [Tablas de Tratamiento 5, 6, 6A, 1A, 2A o 3](#) deben tener un mínimo de 18 horas de intervalo en superficie antes de un buceo de no-descompresión y un mínimo de 24 horas de intervalo en superficie antes de buceos que requieren paradas de descompresión.

Los tenders en [Tablas de Tratamiento 4, 7 y 8](#) deben tener un mínimo de 48 horas de intervalo en superficie antes de bucear.

20-8.1

Periodo de Observación Posterior al Tratamiento. Después de un tratamiento, los pacientes tratados con una [Tabla de Tratamiento 5](#) deben permanecer en la instalación de la cámara de recompresión por 2 horas. Los pacientes que han sido tratados por enfermedad de descompresión Tipo II o quienes requirieron una [Tabla de Tratamiento 6](#) por síntomas Tipo I y que han tenido alivio completo, deben permanecer en la instalación de la cámara de recompresión por 6 horas. Los pacientes tratados con [Tablas de Tratamiento 6, 6A, 4, 7, 8 ó 9](#) probablemente requieren un periodo de hospitalización, y el OMB necesitará determinar un periodo de observación posterior al tratamiento y localización apropiados a la respuesta al tratamiento de recompresión. Estos tiempos pueden ser acortados bajo la recomendación de un OMB, siempre que el paciente esté con personal experimentado en el reconocimiento de recurrencia de síntomas y que pueda retornar a la instalación de recompresión dentro de 30 minutos. Todos los pacientes deben permanecer a 60 minutos de tiempo de viaje de una instalación de recompresión por 24 horas y deben estar acompañados durante todo este periodo. Los pacientes no deben ser liberados hasta que lo autorice un OMB.

Los perfiles de las Tablas de Tratamiento colocan a los tenders internos en riesgo de enfermedad de descompresión. Después de completar los tratamientos, los tenders internos deben permanecer en la vecindad de la cámara de recompresión por una hora. Si ellos estuvieron atendiendo en una [Tabla de Tratamiento 4, 7 u 8](#), también deben permanecer a 60 minutos de tiempo de viaje de una instalación de recompresión por 24 horas.

20-8.2

Transferencia Posterior al Tratamiento. Los pacientes con síntomas residuales deben ser transferidos a una instalación médica apropiada como lo indique el personal médico calificado. Si los pacientes ambulatorios son mandados a su casa, siempre deben estar acompañados por alguien familiarizado con su condición y que pueda retornarlo a la instalación de recompresión si la necesidad surge. Los pacientes que completaron el tratamiento no tienen que permanecer en la vecindad de la cámara si el OMB cree que su transferencia inmediata a una instalación médica es en su mejor interés.

20-8.3

Volando Despues de Tratamientos. Los pacientes con síntomas residuales volarán solo con el acuerdo de un OMB. Los pacientes que han sido tratados por enfermedad de descompresión o embolismo gaseoso arterial y que han tenido alivio completo, no deben volar, como mínimo, por 72 horas después del tratamiento.

Los tenders en [Tablas de Tratamiento 5, 6, 6A, 1A, 2A ó 3](#) deben tener un intervalo en superficie de 24 horas antes de volar. Los tenders en [Tablas de Tratamiento 4, 7 y 8](#) no deben volar por 72 horas.

20-8.3.1

Evacuación Aérea de Emergencia. Algunos pacientes requerirán evacuación aérea para otro tratamiento o instalación médica inmediatamente después de salir a superficie desde un tratamiento. Ellos no cumplirán los requerimientos de intervalo en superficie como se describió antes. Tal evacuación se hace solo bajo la recomendación de un OMB. Si es posible debe usarse una aeronave presurizada a una ata, o en una no presurizada volando tan bajo como la seguridad lo permita (no más de 1,000 pies es preferible). Si está disponible, tenga al paciente respirando O₂ al 100% durante el transporte. Si está disponible, puede usarse una Camilla Hiperbárica de Evacuación de Emergencia, para mantener al paciente a 1 ata.

20-8.4

Tratamiento de Síntomas Residuales. Después de la terminación del tratamiento de recompresión inicial y después de un intervalo en superficie suficiente para permitir una evaluación médica completa, se pueden instituir tratamientos de recompresión adicionales. Debe consultarse un OMB si son indicados tratamientos de recompresión adicionales. Los síntomas residuales pueden permanecer sin cambios durante los primeros dos tratamientos. En estos casos, el OMB es el mejor juez para el número de tratamientos de recompresión.

Puede ser apropiada la consulta con NEDU o NDSTC. Conforme el tiempo de retraso entre la terminación del tratamiento inicial y el inicio de los tratamientos hiperbáricos de seguimiento se incremente, la probabilidad de beneficio de los tratamientos adicionales disminuye. Sin embargo, se ha notado mejoría en pacientes que han tenido tiempo de retraso de hasta una semana. Por lo tanto, un retraso largo no es necesariamente una razón para impedir tratamientos de seguimiento. Una vez que los síntomas residuales responden al tratamiento de recompresión adicional, tales tratamientos deben continuarse hasta que no se note más beneficio. En general, el tratamiento puede descontinuarse si no hay mejoría sostenida en dos tratamientos consecutivos.

Para síntomas Tipo II persistentes, puede usarse un tratamiento diario con [Tabla 6](#), pero también pueden usarse dos tratamientos diarios con [Tablas de Tratamiento 5 o 9](#). La tabla de tratamiento escogida para los re-tratamientos puede basarse en la condición médica del paciente y el potencial para toxicidad pulmonar por oxígeno. Los pacientes que salen a superficie de una [Tabla de Tratamiento 6A](#) con extensiones, [4](#), [7](#) y [8](#) pueden tener toxicidad pulmonar por oxígeno severa y pueden encontrar molesta la respiración con oxígeno al 100% a 45 o 60 pies. En estos casos, también puede usarse un tratamiento diario a 30 pies. Deben administrarse tantos períodos de oxígeno (25 minutos de oxígeno seguidos de 5 minutos con aire) como puedan ser tolerados por el paciente. El ascenso a superficie es a 20 pies por minuto. El tiempo mínimo respirando oxígeno es de 90 minutos. Un práctico tiempo de fondo máximo es de 3 a 4 horas a 30 pies. Los tratamientos no deben ser administrados sobre una base diaria por más de 5 días sin un rompimiento de cuando menos 1 día. Estas guías pueden tener que ser modificadas por el OMB a la conveniencia de las circunstancias individuales del paciente y midiendo la tolerancia al oxígeno por la disminución de la capacidad vital del paciente.

- 20-8.5 Retornando a Bucear Después de Tratamiento de Recompresión.** Los buzos diagnosticados con EGA o EDD Tipo II pueden ser médicalemente liberados para regresar a bucear 30 días después del diagnóstico y tratamiento inicial por un OMB. Si el tratamiento hiperbárico inicial es exitoso y no persisten déficits neurológicos. Se requiere una exclusión para regresar a bucear de BUMED si persisten síntomas más allá del tratamiento inicial de EGA o EDD Tipo II. Por las guías, refiérase al Manual de la Oficina de Medicina y Cirugía (MANMED) P117 Artículo 15-102.

20-9 TRATAMIENTOS NO-ESTANDAR

Las recomendaciones de tratamiento presentadas en este capítulo deben seguirse tan exactamente como sea posible, a menos que llegue a ser evidente que no están funcionando. Solamente un OMB puede entonces recomendar cambios en los protocolos de tratamiento o el uso de otras técnicas de tratamiento diferentes a las descritas en este capítulo. Cualquier modificación a las tablas de tratamiento debe ser aprobada por el Oficial Comandante. Los procedimientos de tratamiento estándar de este capítulo deben ser considerados como tratamientos mínimos. Los procedimientos de tratamiento nunca deben ser acortados, a menos que surja una situación de emergencia que requiera que los ocupantes de la cámara la dejen prematuramente, o que la condición médica del paciente impida el uso de las tablas de tratamiento estándar de la Marina de E.U.

20-10 PROCEDIMIENTOS DE ABORTO DE TRATAMIENTO DE RECOMPRESION

Una vez que la terapia de recompresión es iniciada, debe ser completada de acuerdo a los procedimientos de este capítulo, a menos que el buzo que esté siendo tratado muera o a menos que la continuación del tratamiento ponga a los ocupantes de la cámara en peligro mortal o para tratar otra condición médica más grave.

- 20-10.1 Muerte Durante el Tratamiento.** Si parece que el buzo que está siendo tratado ha muerto, debe consultarse a un OMB antes que el tratamiento sea abortado. Una vez que se hace la

decisión de abortar, hay un número de opciones para descomprimir a los tenders, dependiendo de la profundidad en la cual ocurrió la muerte y el perfil de tratamiento precedente.

- Si la muerte ocurrió después de la recompresión inicial a 60, 165 ó 225 pies en [Tabla de Tratamiento 6, 6A, 4 u 8](#), descomprima a los tenders con la cédula de Aire/Oxígeno en la Tabla de Descompresión con Aire, teniendo una profundidad exactamente igual a o más profunda que la máxima profundidad obtenida durante el tratamiento, y un tiempo de fondo igual a o más largo que el lapso de tiempo total desde que inició el tratamiento. La cédula de Aire/Oxígeno puede usarse aún si otros gases que el aire (ej., mezclas de nitrógeno-oxígeno o helio-oxígeno) fueron respirados a profundidad.
- Si la muerte ocurre después de dejar la profundidad de tratamiento inicial en las [Tablas de Tratamiento 6 ó 6A](#), descomprima a los tenders a 30 pam/min a 30 pam y téngalos respirando oxígeno a 30 pam por el tiempo indicado en la [Tabla 20-6](#). Después de completar el tiempo de respiración con oxígeno a 30 pam, descomprima a los tenders con oxígeno desde 30 pam a la superficie a 1 pam/min.
- Si la muerte ocurre después de dejar la profundidad inicial de tratamiento en [Tablas de Tratamiento 4 u 8](#), o después de iniciar el tratamiento con la [Tabla de Tratamiento 7](#) a 60 pam, tenga a los tenders en descompresión continuando con la tabla de tratamiento como está escrita, o consulte a NEDU por una cédula de descompresión personalizada para la situación. Si ninguna opción es posible, siga la tabla de tratamiento original a 60 pam. A 60 pam, tenga a los tenders respirando oxígeno por 90 min en tres períodos de 30 min separados por 5 min de rompimiento con aire. Continúe la descompresión a 50, 40 y 30 pam respirando oxígeno por 60 min en cada profundidad. Ascienda entre paradas a 30 pam/min. A 50 pam, respiran oxígeno en dos períodos de 30 min, separados por 5 min de rompimiento con aire. A 40 y 30 pam, respiran oxígeno por el periodo total de 60 min seguido de un rompimiento con aire de 15 min. Ascienden a 20 pam a 30 pam/min y respiran oxígeno por 120 min. Divida el tiempo de oxígeno a 20 pam en dos períodos de 60 min separados por un rompimiento con aire de 15 min. Cuando el tiempo de respiración con oxígeno se completa a 20 pam, ascienda a la superficie a 30 pam/min. Una vez que salen a superficie, observe a los tenders cuidadosamente por la ocurrencia de enfermedad de descompresión.

20-10.2

Desastres Naturales Inminentes o Fallas Mecánicas. Los desastres naturales inminentes o fallas mecánicas pueden forzar a abortar el tratamiento. Por ejemplo, el barco donde está localizada la cámara puede estar en peligro inminente de hundimiento, fuego o una explosión ha dañado severamente el sistema de la cámara tan extensamente que la terminación del tratamiento es imposible. En estos casos, los procedimientos de aborto descritos en el [párrafo 20-1.1](#) podrían ser usados por todos los ocupantes de la cámara (incluyendo al buzo afectado) si hay tiempo disponible. Si no hay tiempo disponible, se puede hacer lo siguiente:

1. Si la profundidad es mayor de 60 pies, vaya inmediatamente a 60 pies.
2. Una vez que la cámara está en 60 pies o menos, ponga a todos los ocupantes de la cámara continuamente en oxígeno al 100%. Seleccione la cédula de Aire/Oxígeno en la Tabla de Descompresión correspondiente a la máxima profundidad alcanzada durante el tratamiento y el lapso de tiempo total desde que inicio el tratamiento.
3. Si esta a 60 pam, respiran oxígeno por un periodo de tiempo igual a la suma de todas las paradas de descompresión a 60 pam y más profundo en la cédula de Aire/Oxígeno, entonces continúe la descompresión con la cédula de Aire/Oxígeno, respirando oxígeno

continuamente. Si está menos profundo que 60 pam, respiran oxígeno por un periodo de tiempo igual a la suma de todas las paradas de descompresión más profundas que la profundidad actual, entonces continúe la descompresión con la cédula de Aire/Oxígeno, respirando oxígeno continuamente. Complete lo más posible la cédula de Aire/Oxígeno.

4. Cuando no hay más tiempo disponible, traiga a todos los ocupantes de la cámara a superficie (tratando de no exceder 10 pies por minuto) y si es posible, téngalos con oxígeno al 100% durante la evacuación.
5. Evacue inmediatamente a todos los ocupantes de la cámara a la instalación de recompresión más cercana y trate de acuerdo a la [Figura 20-1](#). Si no ocurren síntomas después de que el tratamiento fue abortado, siga la [Tabla de Tratamiento 6](#).

20-11 CUIDADOS AUXILIARES Y TRATAMIENTOS ADJUNTOS

ADVERTENCIA **La terapia con drogas debe ser administrada solo después de consultar con un Oficial Médico de Buceo, por tenders internos calificados, adecuadamente entrenados y capaces de administrar los medicamentos prescritos.**

La mayoría de las operaciones de buceo militares de E.U. tienen la ventaja única sobre la mayoría de otras operaciones de buceo, de la capacidad de proporcionar rápida recompresión a las víctimas de enfermedad de descompresión (EDD) y embolismo gaseoso arterial (EGA). Cuando los buzos afectados son tratados sin retraso, la proporción de éxito de la terapia de recompresión estándar es extremadamente buena.

Sin embargo, algunos buzos militares de E.U., tal como las fuerzas de Operaciones Especiales, pueden no tener el beneficio de una cámara cercana. Las misiones de buceo en las Operaciones Especiales frecuentemente son realizadas en áreas remotas y puede traer consigo un largo retraso para la terapia de recompresión en el evento de un accidente de buceo. Retrasos en el tratamiento para EDD y EGA significan incremento en la probabilidad de gravedad o enfermedad refractaria. En estos buzos, el uso de terapia adjunta (otros tratamientos que la recompresión con una tabla de tratamiento) puede proporcionarse mientras están siendo transportados a una cámara. Las terapias adjuntas pueden también ser útiles para buzos con síntomas graves o quienes tienen una respuesta incompleta a la recompresión y al oxígeno hiperbárico.

Note que las guías de terapia adjunta están separadas por tipo de accidente, con EDD y EGA cubiertas separadamente. Aunque hay alguna superposición entre las guías para estos dos trastornos (como con la fase de terapia de recompresión), la mejor terapia adjunta para un trastorno no es necesariamente la mejor terapia para la otra. Aunque EDD y EGA tienen en común la presencia de burbujas de gas en el cuerpo y generalmente una buena respuesta a la recompresión y al oxígeno hiperbárico, la fisiopatología subyacente es algo diferente.

20-11.1 Enfermedad de Descompresión.

- 20-11.1.1 **Oxígeno en Superficie.** Debe usarse oxígeno en superficie para todos los casos de EDD hasta que el buzo pueda ser recomprimido. El uso de una fuente de oxígeno de alto flujo (15 litros/min) con una mascarilla y reservorio o una válvula de demanda puede alcanzar altas fracciones de oxígeno inspirado. Una consideración en la administración de oxígeno en superficie es la toxicidad pulmonar por oxígeno. El oxígeno al 100% puede generalmente ser tolerado por hasta 12 horas. Se le pueden dar al paciente rompimientos con aire como sea necesario. Si está siendo administrado oxígeno más allá de este tiempo, la decisión para continuar debe pesar los beneficios percibidos contra el riesgo de toxicidad pulmonar por

oxígeno. Esta evaluación del riesgo debe considerar la dosis de oxígeno anticipado con la terapia de recompresión subsiguiente también.

- 20-11.1.2 **Fluidos.** Deben administrarse fluidos a todos los individuos que sufren EDD, a menos que sufran de ahogos (EDD pulmonar). Los fluidos orales (glucosa medio-fuerte y soluciones electrolíticas) son aceptables si el buzo es capaz de tolerarlas. No hay datos disponibles que demuestren una superioridad de los cristaloïdes (solución salina normal o Lactato de Ringer) sobre los coloides (tal como los compuestos de Hetastarch (Hespan o Hextend)) o viceversa, pero DW5 (dextrosa en agua con electrolitos) no debe ser utilizada. Ya que los coloides son con mucho más caros que el Lactato de Ringer o la solución salina normal, los últimos dos agentes son la elección más razonable hasta este momento. La cantidad óptima de cristaloïdes/coloides igualmente no está bien establecida, pero el tratamiento debe dirigirse hacia revertir cualquier deshidratación que pueda haber sido inducida por el buceo (la diuresis de inmersión causa en el buzo la pérdida de 250-500 cc de fluidos por hora) o cambios en los fluidos resultante de la EDD. Debe ser evitada la sobrecarga de fluidos. La captación urinaria, en el rango de 0.5 cc/kg/hora es evidencia de adecuado volumen intravascular.
- El ahogo (EDD pulmonar) causa función pulmonar anormal y fuga de fluidos hacia los espacios alveolares. La terapia de fluidos agresiva puede hacer que esta condición empeore. Consulte un OMB (o NEDU) por guías.
- 20-11.1.3 **Anticoagulantes.** Ya que algunos tipos de EDD pueden incrementar la posibilidad de hemorragia dentro de los tejidos, los anticoagulantes no deben ser utilizados rutinariamente en el tratamiento de EDD. Una excepción a esta regla es el caso de debilidad de las extremidades inferiores. Debe usarse heparina de bajo peso molecular para todos los pacientes con incapacidad para caminar debido a cualquier grado de parálisis de las extremidades inferiores causada por EDD neurológica o EGA. Enoxaparin 30 mg, o su equivalente, administrado subcutáneamente cada 12 horas, debe ser iniciada tan pronto como sea posible después de la lesión, para reducir el riesgo de trombosis venosa profunda y embolismo pulmonar en pacientes parapléjicos. Las medias plásticas o compresión neumática intermitente son alternativas, aunque son menos efectivas para prevenir trombosis venosa profunda que la heparina de bajo peso molecular.
- 20-11.1.4 **Aspirina y Otras Drogas Anti-inflamatorias no Esteroides.** No es recomendado el uso de agentes antiplaquetarios en pacientes con EDD neurológica, debido a la preocupación acerca del empeoramiento de hemorragia en la médula espinal o enfermedad de descompresión del oído interno. El uso de estos agentes también puede ser riesgoso en buzos de combate que pueden ser requeridos para regresar a la acción después del tratamiento de un episodio de EDD.
- 20-11.1.5 **Esteroides.** Los esteroides ya no son recomendados para el tratamiento de EDD. No ha sido encontrada reducción significativa en las recidivas neurológicas en los estudios clínicos para EDD tratada adjuntamente con esteroides, y los niveles elevados de glucosa sanguínea asociados con la administración de esteroides puede empeorar realmente el resultado de la lesión del SNC.
- 20-11.1.6 **Lidocaína.** Actualmente la Lidocaína no es recomendada para el tratamiento de ningún tipo de EDD.
- 20-11.1.7 **Temperatura de la Cámara.** Para pacientes con evidencia de daño cerebral o de médula espinal, la evidencia actual recomienda tratamiento agresivo de la temperatura del cuerpo elevada. Cuando se tratan víctimas de EDD neurológicas, siempre que sea práctico, deben evitarse los ambientes calientes que pueden causar elevación de la temperatura del cuerpo arriba de lo normal. La temperatura del cuerpo del paciente y los signos vitales deben ser monitoreados regularmente.

- 20-11.2 Embolismo Gaseoso Arterial.**
- 20-11.2.1 **Oxígeno en Superficie.** El oxígeno en superficie debe usarse en todos los casos de EGA, así como para EDD.
- 20-11.2.2 **Lidocaína.** La Lidocaína ha mostrado ser útil en el tratamiento de EGA. Si esta es para ser usada clínicamente, la evidencia sugiere que un apropiado punto final es lograr una concentración sérica conveniente para un efecto anti-arrítmico. Una dosis intravenosa inicial de 1 mg/kg seguida de una infusión continua de 2-4 mg/min, típicamente producirá concentraciones séricas terapéuticas. Si no es establecida una infusión intravenosa, la administración intramuscular de 4-5 mg/kg típicamente producirá una concentración plasmática terapéutica 15 minutos después de la dosificación, durando alrededor de 90 minutos. Dosis mayores que las anotadas arriba pueden estar asociadas con efectos colaterales graves, incluyendo parestesias, ataxia y convulsiones.
- 20-11.2.3 **Fluidos.** Las recomendaciones de reemplazo de fluidos para el EGA difieren de las de la EDD. La fisiopatología de la lesión (barotrauma pulmonar contra super-saturación de tejidos con formación de gas in-situ) no es el problema. La mayor diferencia en las recomendaciones para terapia de fluidos en el EGA contra EDD es porque los buzos que están sufriendo EGA pueden estar menos deshidratados que los buzos con EDD, ya que ellos han tenido un corto periodo de inmersión o porque han tenido menos daño endotelial inducido por burbujas. Además, la lesión del SNC en el EGA puede estar complicada con edema cerebral y un incremento en la carga de fluidos puede empeorar este edema cerebral y causar daño adicional al buzo. Si se utilizan fluidos, probablemente los cristaloides son la mejor elección por las razones previamente expuestas en la sección sobre terapia adjunta de EDD. Debe tomarse particular cuidado de no sobrecargar al buzo con fluidos, ajustando la velocidad de infusión justo para mantener una orina adecuada de .5 cc/kg/hr. En pacientes inconscientes se debe insertar un catéter urinario y medir la orina.
- 20-11.2.4 **Anticoagulantes.** Los anticoagulantes no deben ser utilizados rutinariamente en el tratamiento de EGA. Como se mencionó previamente en el [párrafo 20-11.1.3](#) sobre anticoagulantes en EDD, se debe administrar Enoxaparin 30 mg, o su equivalente, subcutáneamente cada 12 horas, después de la terapia de recompresión inicial en pacientes que sufren de parálisis, para prevenir trombosis venosa profunda y embolismo pulmonar.
- 20-11.2.5 **Aspirina y Otras Drogas Anti-inflamatorias No Esteroideas.** No es recomendado el uso de agentes anti-plaquetarios en pacientes con EGA.
- 20-11.2.6 **Esteroides.** Los esteroides ya no son recomendados para el tratamiento de EGA. No se ha mostrado reducción significativa en las secuelas neurológicas con la terapia adjunta con esteroides para el EGA y los niveles elevados de glucosa sanguínea asociados con la administración de esteroides pueden empeorar la resolución del daño del SNC.
- 20-11.3 Durmiendo y Comiendo.** El único momento en que el paciente debe mantenerse despierto durante los tratamientos de recompresión es en los períodos de respiración con oxígeno a profundidades mayores que 30 pies. El viaje entre las paradas de descompresión en las [Tablas de Tratamiento 4, 7 y 8](#) no es contraindicación para dormir. Mientras está dormido, se deben monitorear los signos vitales (pulso, frecuencia respiratoria, presión sanguínea), como lo dicte la condición del paciente. Cualquier cambio significativo sería razón para despertar al paciente y determinar la causa. Los ocupantes de la cámara pueden tomar alimentos en cualquier momento. La adecuada ingesta de fluidos debe mantenerse como se indicó en el [párrafo 20-7.5.1](#).

20-12 EQUIPO MEDICO DE EMERGENCIA

Cada actividad de buceo mantendrá un equipo médico de emergencia que estará disponible para usarse inmediatamente en el evento de un accidente de buceo. Este equipo es adicional a cualquier suministro médico mantenido en una instalación de tratamiento médico y será guardado en un botiquín lo suficiente pequeño para llevar al interior de la cámara, o en un casillero en la inmediación de la cámara.

- 20-12.1 Botiquín de Emergencia Primario y Secundario.** Ya que algunos artículos estériles pueden llegar a contaminarse como resultado de una exposición hiperbárica, es deseable tener un botiquín primario para uso inmediato en el interior de la cámara y uno secundario, del cual se tomarán los artículos que pueden contaminarse e introducirse a la cámara solamente como se necesiten. El botiquín de emergencia primario contiene equipo diagnóstico y terapéutico que está disponible inmediatamente cuando se requiera. Este botiquín estará dentro de la cámara durante todos los tratamientos. El botiquín de emergencia secundario contiene equipo y medicinas que no necesitan estar disponibles inmediatamente, pero que pueden introducirse cuando se requiera. Este botiquín estará almacenado en la vecindad de la cámara.

La lista de contenidos presentada aquí no intenta ser restrictiva, pero es considerada el requerimiento mínimo. Pueden agregarse artículos adicionales, a conveniencia de las preferencias médicas locales.

El Botiquín de Emergencia Primario está descrito en la [Tabla 20-7](#); el Botiquín de Emergencia Secundario está descrito en la [Tabla 20-8](#).

- 20-12.2 Monitor-Desfibrilador Portátil.** Todos los comandos con actividades de buceo deben mantener un desfibrilador externo automatizado (DEA – AED), preferiblemente con capacidad de visualización del ritmo cardíaco, de una Lista Autorizada de Concesión Médica (AMAL) aprobada. Las actividades de buceo con un Oficial Médico de Buceo asignado son recomendadas para aumentar con un monitor desfibrilador a total capacidad.

PRECAUCIÓN **Actualmente los desfibriladores externos automatizados no están aprobados para utilizarse bajo presión (ambiente hiperbárico) debido a las consideraciones de seguridad eléctricas.**

- 20-12.3 Drogas de Soporte de Vida Cardíaco Avanzado.** Todos los comandos con cámaras que participan en área de observación de bends, deben mantener aquellas drogas recomendadas por la Asociación Cardiaca Americana para ACLS. Estas drogas necesitan estar en suficiente cantidad para soportar un evento que requiera Soporte de Vida Cardíaco Avanzado (ACLS). Estas drogas/equipo no requieren estar en cada botiquín de buceo cuando múltiples cámaras/botiquines están presentes en un solo comando.

Además, los medicamentos para el tratamiento de anafilaxia, la cual puede ocurrir relacionada con envenenamiento por vida marina, incluyendo Epinefrina 1:1000 solución, Difenidramina IM u oral y Succinato Sódico de Hidrocortisona IV, serán mantenidos en cantidades adecuadas para tratar un paciente.

- NOTA** **Algunos vendedores suministran juegos ACLS pre-empaquetados con programas de remplazo automatizado (se pueden encontrar ejemplos en el Comando de Combate Expedicionario Naval (NECC) AMAL).**

- 20-12.4 Uso de los Botiquines de Emergencia.** A menos que estén sellados adecuadamente contra la presión atmosférica incrementada (ej., empacados al vacío), los suministros estériles se re-esterilizarán después de cada exposición a presión, o, si no se exponen, en la fecha de expiración del paquete. Las drogas deben ser remplazadas cuando alcancen su fecha de expiración. No todas las drogas en ampolletas resistirán la presión.

NOTA

Los frascos multidosis tapados con grandes volúmenes de aire pueden necesitar ser ventilados con una aguja durante la presurización y despresurización y entonces ser desecharados.

Ambos botiquines serán tomados para la cámara de recompresión o escena del accidente. Cada botiquín debe tener una lista de contenido y tener un sello evidente. Cada vez que el botiquín sea abierto, será inventariado y cada artículo revisado por su adecuado funcionamiento y entonces re-esterilizado o remplazado como sea necesario. Botiquines sin abrir son inventariados a intervalos de 4 meses. Las instrucciones concisas para la administración de cada droga están proporcionadas junto con el botiquín de acuerdo a los Protocolos actualizados de Soporte de Vida Cardíaco Avanzado de la Asociación Americana de Cardiología. En manos no entrenadas, muchos de estos artículos pueden ser peligrosos. Recuerde que en todos los tratamientos **SU PRIMER OBLIGACION ES NO HACER DAÑO.**

Tabla 20-7. Botiquín de Emergencia Primario

Equipo de Diagnóstico

Lámpara y baterías
Estetoscopio
Otoscopio (Oftalmoscopio opcional) y baterías
Esfigmomanómetro (Solo tipo aneroide, con caja ventilada para uso hiperbárico)
Martillo de reflejos
Diapasón de tono (512 cps)
Aplicadores que puedan romperse para pruebas sensoriales
Abatelenguas
Termómetro/capacidad de medir la temperatura (TempaDOT™ o tipo no mercurial, termómetro de lectura de temperatura central alta y baja)
Oxímetro de pulso
Guantes de exploración desechables (tamaño M-L)

Medicamentos y Equipo de Tratamiento de Emergencia

Cánula orofaríngea (Tipo Geudel #4 y #5)
Sonda nasofaríngea (Hule látex #32F y #34F)
Pomada de Lidocaína (2% o 5%)
Bolsa de ventilación auto inflable con mascarilla para adulto mediana
Aparato de succión con boquillas de succión apropiadas (incluye boquilla de silbato y tipo Yankauer o succión amigdalina). También incluye unidades de succión manuales desechables
Aguja de calibre grande y catéter (calibre 12 ó 14) para cricotirotomía o alivio de neumotórax a tensión (o alternativamente, equipo de neumotórax a tensión pre-empacado o equipo de cricotirotomía tal como QuickTrach™)
Válvula de Drenaje de Tórax BD Bard Parker Heimlich (u otro instrumento para proporcionar flujo de un solo paso para sacar gas del tórax)
Cinta adhesiva (impermeable de 2 pulgadas)
Vendaje elástico para un vendaje a presión (de 2 y 4 pulgadas)
Torniquete de Combate apropiado
Tijeras para vendas
Hoja de bisturi #11 y mango
Guantes estériles (Talla 6 – 8)
Mascarillas quirúrgicas (4)
Estéril 4x4s
Torundas con povidone-iodine al 10% (Isodine)
Solución de Lidocaína al 1%
Jeringas de 5cc con aguja #21 x 1½ pulgadas
Cravets
Jeringas de 20 cc

NOTA: Se requiere un Botiquín de Emergencia Primario por cada sistema de cámara, ej., el TRCS requiere uno. Puede encontrarse Equipo Médico Adicional Autorizado para Uso de la Marina (ANU) en una cámara en la sección de Equipo Médico de la ANU en el sitio web de NAVSEA. Contacte al Oficial Médico Sénior en el NEDU por cualquier pregunta referente a piezas específicas de equipo médico para usar en la cámara.

Tabla 20-8. Botiquín de Emergencia Secundario

Equipo de Emergencia para Vías Aéreas

Tubos endotraqueales con globo de fijación y adaptadores (7-9.5 mm)
Jeringa y agua estéril para inflación de globo de fijación (10 cc)
Estilete maleable (12 pulgadas de largo aproximadamente)
Hojas de laringoscopio (McIntosh #3 y #4, Miller #2 y #3)
Lubricante estéril
Catéteres de succión de hule blando
Mascarilla de intubación laríngea (desechable LMA Fastrach™ tamaño 4 – 5)
Detector cualitativo de CO₂ (indicador colorimétrico). Dispositivos mecánicos de verificación adicionales también son autorizados (Tipo Tomey o jeringa con boquilla catéter de 50cc o equivalente)
Tubo torácico (o dispositivo equivalente)
Equipo de cricotomía (pre-empaquetado o dispositivo equivalente)
Adaptador árbol de navidad (para conectar válvula de un solo paso al tubo torácico)
Pinzas de Kelly curvas

Terapia de Infusión Intravenosa

Catéter y aguja intravenosas (calibres 16 y 18 – 4 de cada una)
Dispositivo de infusión interseroso (IO) para rápido acceso vascular
Equipo de infusión intravenosa (2 de goteo estándar y 2 de microgoteo))
Equipo de extensión de infusión intravenosa con puertos de inyección (2)
Jeringas (2, 5, 10 y 30 cc)
Agujas estériles (calibre 18, 20 y 22)
Llave de paso de 3 vías
Solución Salina Normal (bolsa de 1 litro (4))
Compresas de gasa (estériles, de 5 x 5 cms)
Venditas adhesivas
Férulas
Torniquete venoso

Misceláneos

Tubo nasogástico
Equipo de cateterización urinaria con bolsa colectora (tamaño apropiado (12F-14F) Tipo Foley estéril)
Equipo de cirugía menor desecharable puede sustituirse por los artículos listados abajo:
Pinzas hemostáticas, rectas y curvas (2 de cada una)
Tijeras quirúrgicas rectas sin punta
Camisa para aguja
Jabón quirúrgico
Toallas estériles
Compresas de gasa estériles
Torundas de iodine-povidona al 10% (Isodine)
Torundas de algodón
Hojas de bisturí con mango surtidos
Material de sutura surtido (Seda 0 con y sin agujas curvas)
Caja de material cortante desecharable

NOTA 1: Cuando sea posible, obténgase equipos de jeringas pre-cargadas para evitar la necesidad de ventilar los frascos multidosis o prevenir implosión de las ampolletas. Deben mantenerse suficientes cantidades para tratar un buzo lesionado.

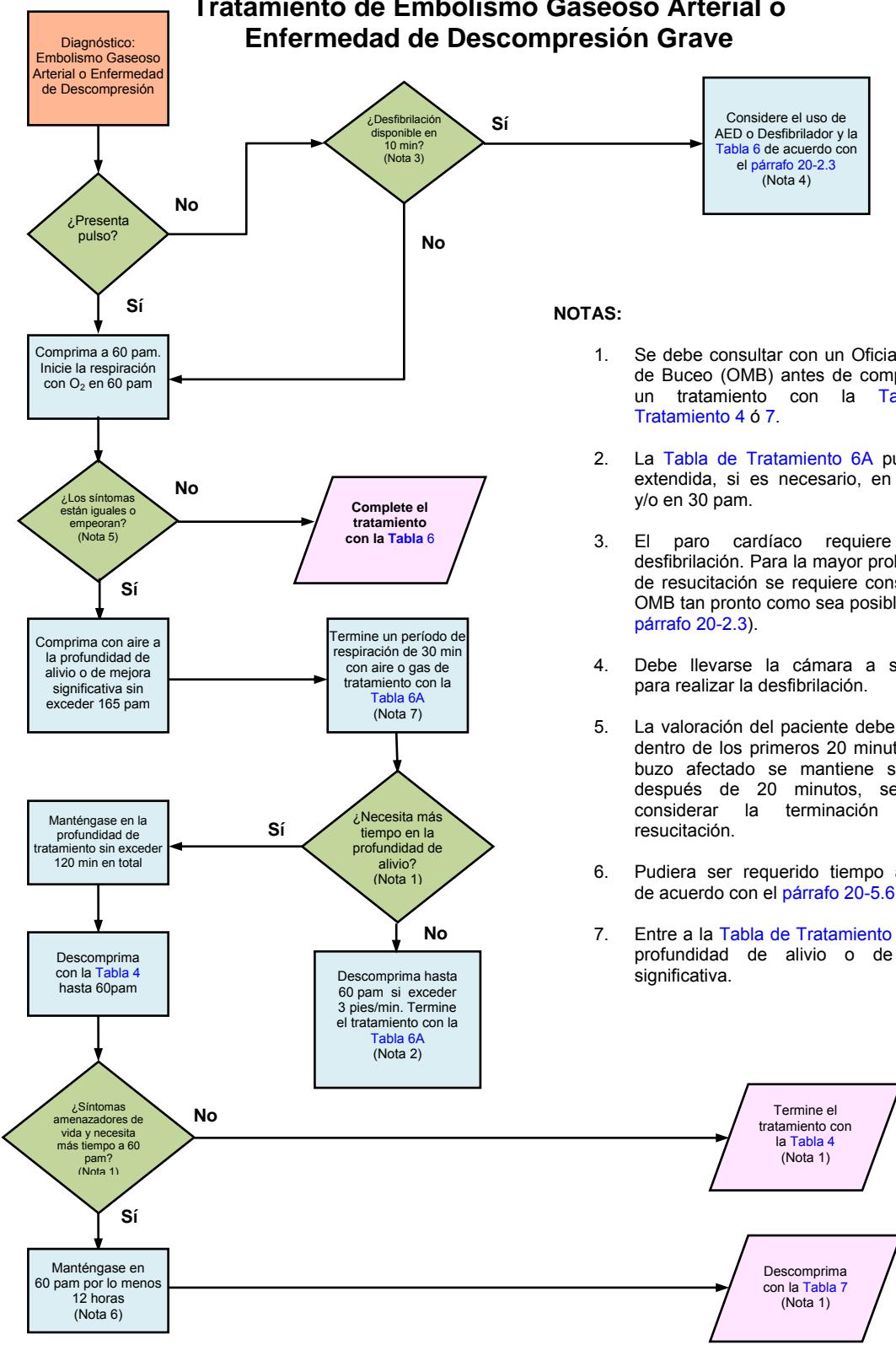
NOTA 2: Se requiere un Botiquín de Emergencia Secundario para cada sistema de cámara. (ej., el TRCS requiere uno).

NOTA 3: Si es posible, se recomienda un suministro de oxígeno portátil con un cilindro E (669 litros de oxígeno aproximadamente) con un regulador capaz de entregar 12 litros/min de oxígeno por mascarilla con reservorio, ó 2 litros por cánula nasal, en el evento de que el paciente necesite ser transportado a otra instalación.

20-12.4.1

Modificación de los Botiquines de Emergencia. Ya que las instalaciones disponibles pueden diferir a bordo de los barcos, en las instalaciones de buceo con base en tierra y en las unidades de entrenamiento de buceo o experimentales, el OMB o TMB responsable está autorizado para aumentar los botiquines de emergencia a la conveniencia de las necesidades locales.

Tratamiento de Embolismo Gaseoso Arterial o Enfermedad de Descompresión Grave

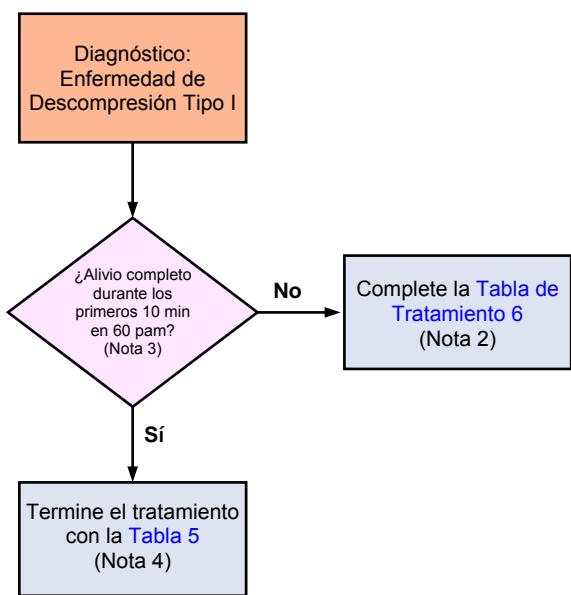


NOTAS:

1. Se debe consultar con un Oficial Médico de Buceo (OMB) antes de comprometer un tratamiento con la [Tabla de Tratamiento 4](#) ó [7](#).
2. La [Tabla de Tratamiento 6A](#) puede ser extendida, si es necesario, en 60 pam y/o en 30 pam.
3. El paro cardíaco requiere pronta desfibrilación. Para la mayor probabilidad de resucitación se requiere consultar un OMB tan pronto como sea posible (vea el [párrafo 20-2.3](#)).
4. Debe llevarse la cámara a superficie para realizar la desfibrilación.
5. La valoración del paciente debe hacerse dentro de los primeros 20 minutos. Si el buzo afectado se mantiene sin pulso después de 20 minutos, se puede considerar la terminación de la resucitación.
6. Pudiera ser requerido tiempo adicional de acuerdo con el [párrafo 20-5.6](#).
7. Entre a la [Tabla de Tratamiento 6A](#) en la profundidad de alivio o de mejora significativa.

Figura 20-1. Tratamiento de Embolismo Gaseoso Arterial o Enfermedad de Descompresión Grave.

Tratamiento de Enfermedad de Descompresión Tipo I



NOTAS:

1. Si no se realizó un examen neurológico completo antes de la recompresión, trátelo como síntomas Tipo II.
2. La [Tabla de Tratamiento 6](#) puede ser extendida hasta con 4 períodos adicionales de respiración con oxígeno, dos en 30 pam y/o dos en 60 pam.
3. El Supervisor de Buceo puede elegir tratarlo con la [Tabla de Tratamiento 6](#).
4. La [Tabla de Tratamiento 5](#) puede extenderse dos períodos de respiración con oxígeno en 30 pam.

Figura 20-2. Tratamiento de Enfermedad de Descompresión Tipo I.

Tratamiento de Recurrencia de Síntomas

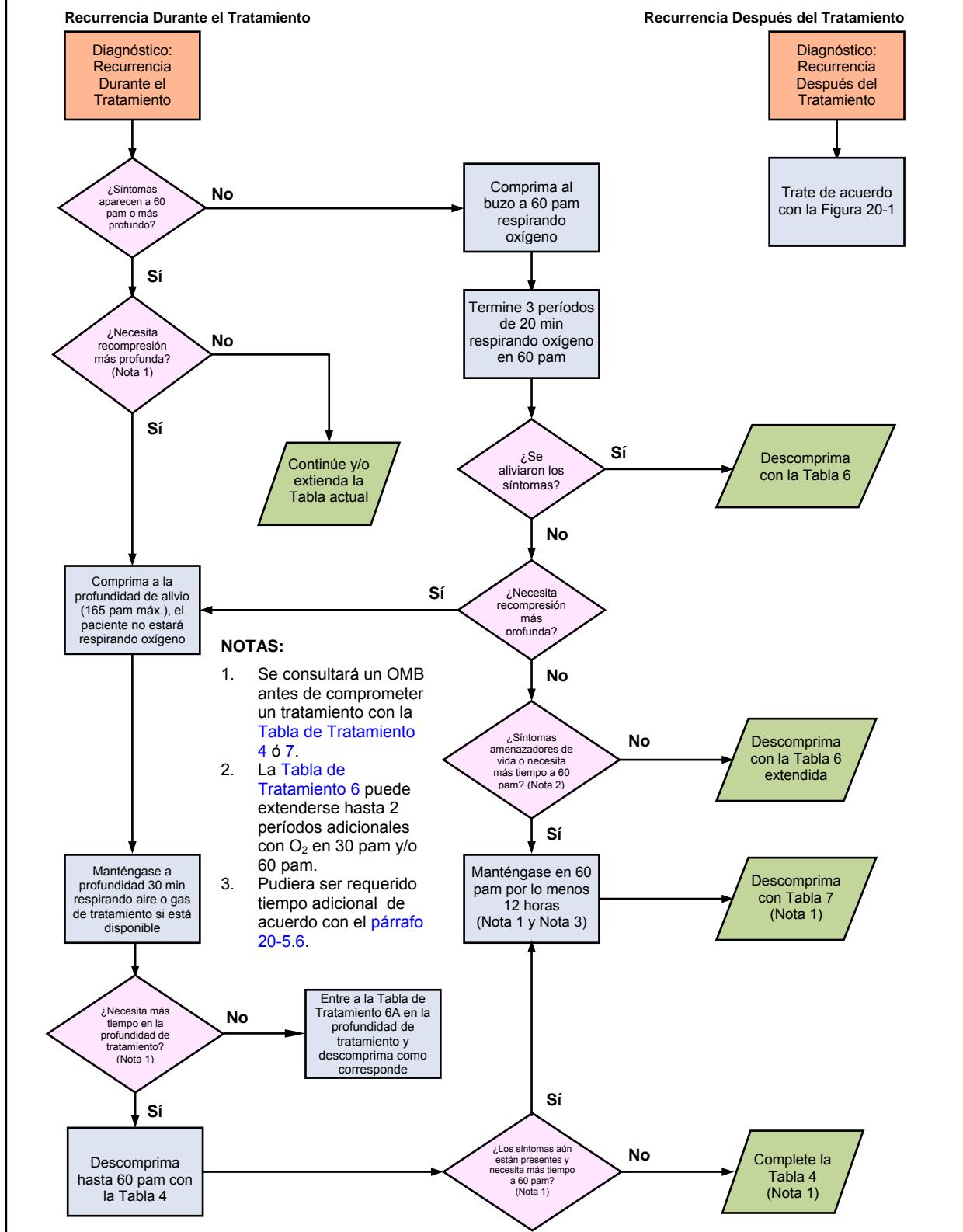


Figura 20-3. Tratamiento de Recurrencia de Síntomas.

Tabla de Tratamiento 5

1. Velocidad de descenso - 20 pies/min.
2. Velocidad de ascenso - No exceda 1 pie/min. No compense por velocidades de ascenso más lentas. Compense por velocidades más rápidas deteniendo el ascenso.
3. El tiempo de oxígeno inicia al llegar a 60 pam.
4. Si la respiración con oxígeno debe interrumpirse debido a Toxicidad por Oxígeno del SNC, permita 15 minutos después que la reacción haya cesado totalmente y continúe la cédula en el punto de interrupción (vea el [párrafo 20-7.11.1.1](#))
5. La Tabla de Tratamiento puede ser extendida dos períodos de respiración con oxígeno en la parada de 30 pam. No se requieren rompimientos de aire entre los períodos de respiración con oxígeno o antes de ascender.
6. El tender respira oxígeno al 100% durante el ascenso desde los 30 pam hasta la superficie. Si el tender tuvo una exposición hiperbárica previa en las últimas 18 horas, se requiere de un período adicional de 20 minutos respirando oxígeno antes de ascender

Perfil de Profundidad/Tiempo de la Tabla de Tratamiento 5

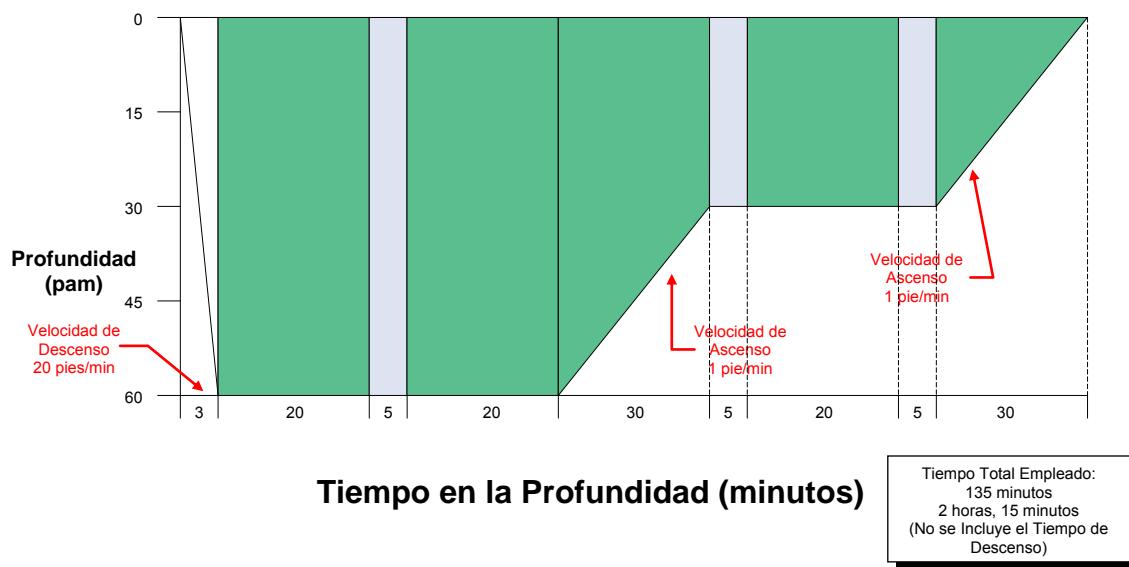
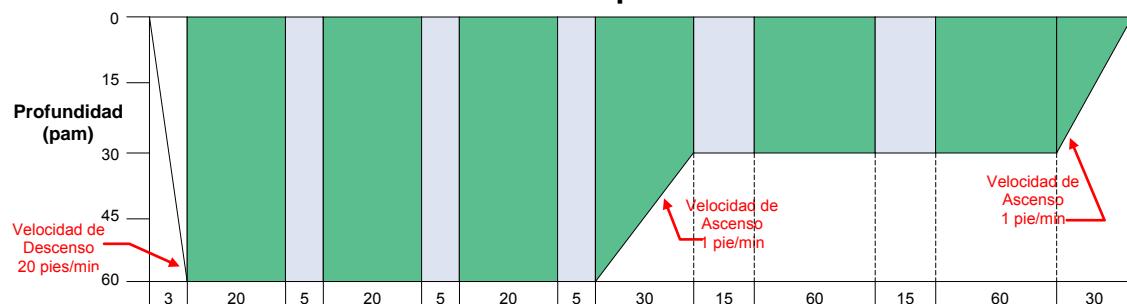


Figura 20-4. Tabla de Tratamiento 5.

Tabla de Tratamiento 6

1. Velocidad de descenso - 20 pies/min.
2. Velocidad de ascenso - No exceda 1 pie/min. No compense por velocidades de ascenso más lentas. Compense por velocidades más rápidas deteniendo el ascenso.
3. El tiempo de oxígeno inicia al llegar a 60 pam.
4. Si la respiración con oxígeno debe interrumpirse debido a toxicidad por Oxígeno del SNC, permita 15 minutos después que la reacción haya cesado totalmente y continúe la cédula en el punto de interrupción (vea el párrafo 20-7.11.1.1).
5. La Tabla de Tratamiento 6 puede ser extendida hasta dos períodos adicionales de 25 minutos en 60 pam (20 minutos con O₂ y 5 minutos con aire), o hasta dos períodos adicionales de 75 minutos en 30 pam (15 minutos con aire y 60 minutos con O₂), o ambos.
6. El tender respira 100% de O₂ durante los últimos 30 minutos en 30 pam y durante el ascenso hasta la superficie para una tabla sin modificaciones o cuando solamente ha habido una sola extensión en 30 ó 60 pam. Si ha habido más de una extensión, la respiración con O₂ en 30 pam se aumenta a 60 minutos. Si el tender tuvo una exposición hiperbárica dentro de las últimas 18 horas, se toma un período adicional de 60 minutos respirando oxígeno en 30 pam.

Perfil de Profundidad/Tiempo de la Tabla de Tratamiento 6



Tiempo en la Profundidad (minutos)

Tiempo Total Empleado:
285 minutos
4 horas, 45 minutos
(No se incluye el Tiempo de Descenso)

Figura 20-5. Tabla de Tratamiento 6.

Tabla de Tratamiento 6A

1. Velocidad de descenso - 20 pies/min.
2. Velocidad de ascenso - Desde 165 hasta 60 pam no exceda 3 pies/min, desde 60 pam o menos profundidad, no exceda 1 pie/min. No compense por velocidades de ascenso más lentas. Compense por velocidades más rápidas deteniendo el ascenso.
3. El tiempo en la profundidad de tratamiento no incluye el tiempo de compresión.
4. La Tabla empieza con la compresión inicial a la profundidad de 60 pam. Si el tratamiento inicial fue en 60 pam, se pueden gastar hasta 20 minutos en 60 pam antes de la compresión a 165 pam. Contacte a un Oficial Médico de Buceo.
5. Si una cámara está equipada con mezcla de tratamiento con alta concentración de O₂, puede ser administrada a 165 pam o a menos profundidad, no excede 3.0 ata de O₂ de acuerdo con el [párrafo 20-7.10](#). El gas de tratamiento es administrado por 25 minutos e interrumpido por 5 minutos de aire. El gas de tratamiento es respirado durante el ascenso desde la profundidad de tratamiento hasta 60 pam.
6. Estando a más de 60 pam, si el gas tratamiento debe interrumpirse debido a toxicidad por oxígeno del SNC, permita 15 minutos después que la reacción haya cesado totalmente antes de continuar con el gas de tratamiento. El tiempo sin el gas de tratamiento cuenta como parte del tiempo en la profundidad de tratamiento. Si está en 60 pam o menos profundidad, y se debe interrumpir la respiración con oxígeno debido a toxicidad por oxígeno del CNS, permita 15 minutos después que la reacción haya cesado totalmente y continúe la cédula en el punto de interrupción (vea el [párrafo 20-7.11.1.1](#)).
7. La **Tabla 6A** puede ser alargada hasta 2 períodos adicionales de 25 minutos en 60 pam (20 minutos con oxígeno y 5 minutos con aire), o hasta 2 períodos adicionales de 75 minutos en 30 pam (60 minutos con oxígeno y 15 minutos con aire), o ambos.
8. El tender respira 100% de O₂ durante los últimos 60 minutos en 30 pam y durante el ascenso hasta la superficie para una tabla sin modificaciones o cuando solamente ha habido una sola extensión en 30 ó 60 pam. Si ha habido más de una extensión, la respiración con O₂ en 30 pam se aumenta a 90 minutos. Si el tender tuvo una exposición hiperbárica dentro de las últimas 18 horas, se toma un período adicional de 60 minutos respirando oxígeno en 30 pam.
9. Si no se obtiene una mejora significativa en los primeros 30 minutos en 165 pam, consulte con un Oficial Médico de Buceo antes de cambiar a la [Tabla de Tratamiento 4](#).

Perfil de Profundidad/Tiempo de la Tabla de Tratamiento 6A

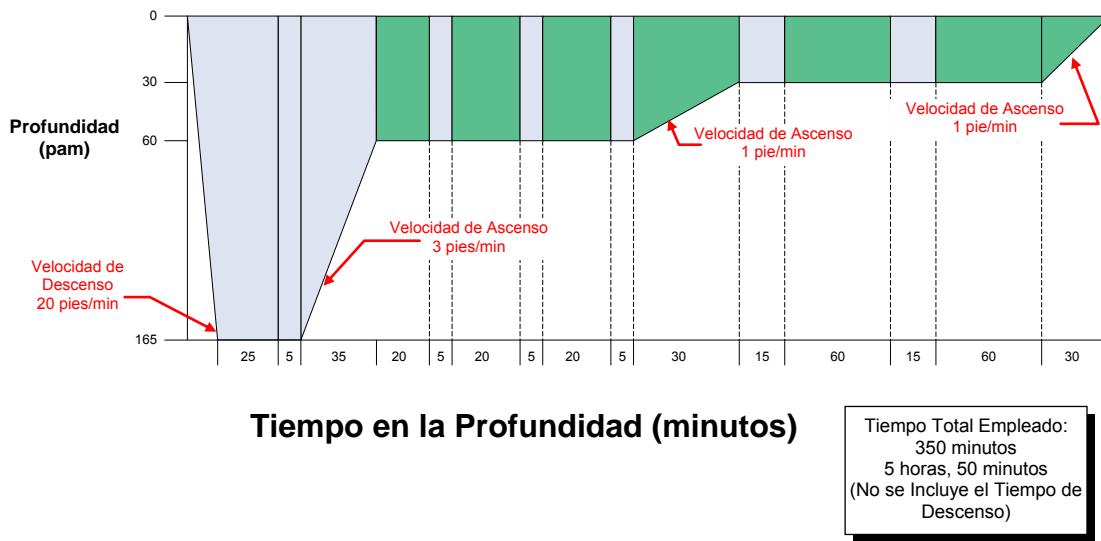
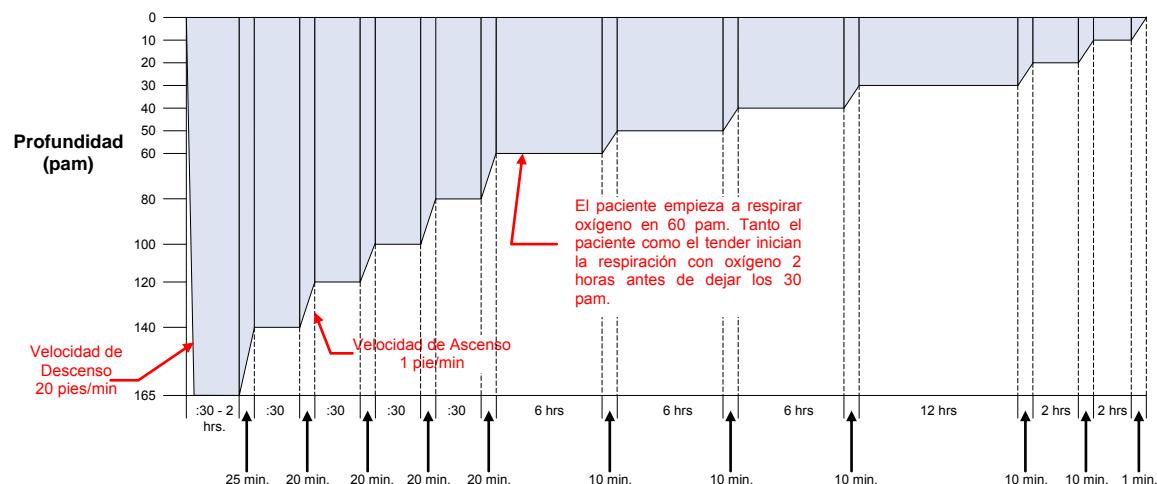


Figura 20-6 Tabla de Tratamiento 6A.

Tabla de Tratamiento 4

1. Velocidad de descenso - 20 pies/min.
2. Velocidad de ascenso - 1 pie/min.
3. El tiempo en 165 pam incluye la compresión.
4. Si solamente se tiene aire disponible, descomprima con aire. Si hay oxígeno disponible, el paciente inicia la respiración con oxígeno al llegar a 60 pam con los rompimientos de aire apropiados. Tanto el tender como el paciente respiran oxígeno iniciando 2 horas antes de dejar los 30 pam (vea el [párrafo 20-5.5](#)).
5. Asegúrese de que las consideraciones del soporte de vida pueden cumplirse antes de comprometerse con la Tabla 4. (vea el [párrafo 20-7](#)). La temperatura interna de la cámara deberá estar debajo de 85°F.
6. Si se interrumpe la respiración con oxígeno, no se requiere alargar la tabla para compensarla.
7. Si está cambiando desde la [Tabla de Tratamiento 6A](#) ó a la [Tabla 3](#) en 165 pam, manténgase por un máximo de 2 horas en 165 pam antes de empezar a descomprimir.
8. Si la cámara está equipada con mezcla de tratamiento con alta concentración de O₂, puede ser administrada en 165 pam, no exceda 3.0 ata de O₂. El gas de Tratamiento es administrado por 25 minutos e interrumpido por 5 minutos de aire.

Perfil de Profundidad/Tiempo de la Tabla de Tratamiento 4



Tiempo en la Profundidad

Tiempo Total Empleado:
39 horas 6 minutos
(30 minutos en 165 pam) hasta
40 horas 36 minutos
(2 horas en 165 pam)

Figura 20-7. Tabla de Tratamiento 4.

Tabla de Tratamiento 7

1. La Tabla inicia al llegar a 60 pam. La llegada a 60 pam se lleva a cabo por el tratamiento inicial con la [Tabla 6, 6A](#) ó [4](#). Si el tratamiento inicial ha progresado a una profundidad menor que 60 pam, comprima hasta 60 pam a razón de 20 pies/min. para iniciar con la Tabla 7.
2. La máxima duración en 60 pam es ilimitada. Manténgase en 60 pam un mínimo de 12 horas a menos que las causas principales indiquen una descompresión temprana.
3. El paciente empieza los períodos de respiración con oxígeno en 60 pam. El tender solamente necesita respirar la atmósfera de la cámara. Si la respiración con oxígeno se interrumpe, no se requiere alargar la Tabla.
4. La concentración mínima de oxígeno en la cámara es de 19%. La concentración máxima de CO₂ es de 1.5% VES (11.4 mmHg). La máxima temperatura interna de la cámara es de 85 °F ([párrafo 20-7.5](#)).
5. La descompresión empieza con una excursión ascendente de 2 pies, desde 60 hasta 58 pam. Descomprima con paradas cada 2 pies con los tiempos indicados en el perfil mostrado abajo. El tiempo de ascenso entre paradas es aproximadamente 30 segundos. El tiempo de la parada inicia con el ascenso desde la parada de mayor profundidad a la de menor profundidad. Deténgase en 4 pam durante 4 horas y entonces ascienda a la superficie a razón de 1 pie/min.
6. Asegure que los requerimientos de soporte de vida de la cámara puedan cumplirse antes de comprometer un tratamiento con la Tabla de Tratamiento 7.
7. Se debe consultar a un Oficial Médico de Buceo antes de comprometerse con esta Tabla de Tratamiento.

Perfil de Profundidad/Tiempo de la Tabla de Tratamiento 7

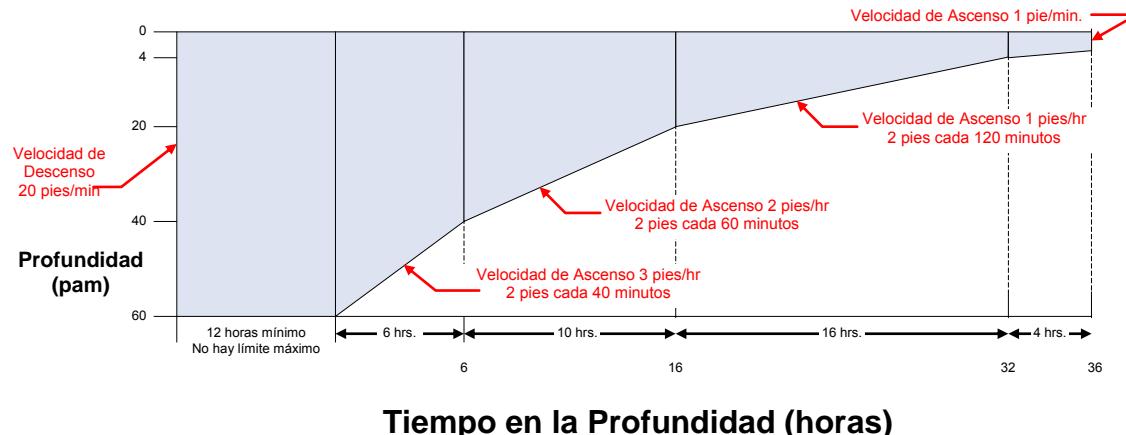


Figura 20-8. Tabla de Tratamiento 7.

Tabla de Tratamiento 8

1. Entre a la Tabla en la profundidad que sea exactamente igual a o la próxima mayor que la máxima profundidad obtenida en la recompresión. La velocidad de descenso es tan rápido como sea tolerable.
2. El máximo tiempo que se puede estar en la máxima profundidad está mostrado en la segunda columna. el máximo tiempo para 225 pam es de 30 minutos; para 165 pam, 3 horas. Para un buzo asintomático, el tiempo máximo en la profundidad es de 30 minutos para profundidades que excedan 165 pam y 2 horas para profundidades igual a o menores que 165 pam.
3. La descompresión se inicia con una disminución de 2 pam en la presión si la profundidad es un número par. La descompresión inicia con una disminución de 3 pam en la presión si la profundidad es un número impar. Las paradas subsecuentes son realizadas cada 2 pam. Los tiempos de las paradas son dados en la columna tres. El tiempo de la parada inicia cuando se deja la parada previa. Ascienda a la siguiente parada en 30 segundos aproximadamente.
4. Los tiempos de las paradas aplican a todas las paradas dentro del rango hasta la siguiente profundidad citada. Por ejemplo, para ascender desde 165 pam, se hacen paradas por 12 minutos en 162 pam y en cada intervalo de 2 pies hasta 140 pam. En 140 pam, el tiempo de parada cambia a 15 minutos. Cuando se viaja desde 225 pam, la parada de 166 pam es de 5 minutos; la parada de 164 pam es de 12 minutos. Una vez iniciada, la descompresión es continua. Por ejemplo, cuando se descomprime desde 225 pam, el ascenso no se detiene en 165 pam por 3 horas. Sin embargo, el ascenso se puede detener en 60 pam o a menos profundidad por cualquier período de tiempo deseado.
5. Mientras esté a más de 165 pam de profundidad, se puede respirar una mezcla helio-oxígeno, con 16 a 36% de O₂, mediante mascarillas para reducir la narcosis. Una mezcla helio-oxígeno 64/36 es la mezcla de tratamiento preferida. En 165 pam y a menor profundidad, se puede administrar al buzo una mezcla HeO₂ o N₂O₂ como gas de tratamiento con una ppO₂ que no excede de 3.0 ata. En 60 pam o a menos profundidad, se puede dar al buzo oxígeno puro como gas de tratamiento. Para todos los gases de tratamiento (HeO₂, N₂O₂ y O₂), se debe seguir una cédula con un total de 4 ciclos de 25 minutos con gas y 5 minutos con el aire de la cámara. Se puede dar oxígeno adicional en 60 pam después de un intervalo de 2 horas con el aire de la cámara. Vea la [Tabla de Tratamiento 7](#) como guía. Si la respiración de alta concentración de oxígeno es interrumpida, no se requiere alargar la tabla.
6. Para evitar la pérdida de sellado de la cámara, puede detenerse el ascenso en 4 pam y tomar en esa profundidad el tiempo total restante de la parada de 240 minutos. Ascienda directamente a la superficie al completar el tiempo requerido.
7. El tiempo total de ascenso desde 225 pam es de 56 horas, 29 minutos. Para una recompresión a 165 pam, el tiempo total de ascenso es de 53 horas, 52 minutos, y para la recompresión a 60 pam, 36 horas, 0 minutos.

Profundidad (pam)	Máximo Tiempo en la Profundidad de Tratamiento Inicial (horas)	Tiempo de Parada (minutos) cada 2 pam
225	0.5	5
165	3	12
140	5	15
120	8	20
100	11	25
80	15	30
60	Ilimitado	40
40	Ilimitado	60
20	Ilimitado	120

Figura 20-9. Tabla de Tratamiento 8.

Tabla de Tratamiento 9

1. Velocidad de descenso - 20 pies/min.
2. Velocidad de ascenso - 20 pies/min. Esta velocidad puede disminuirse a 1 pie/min dependiendo de la condición médica del paciente.
3. El tiempo en 45 pam inicia al llegar a 45 pam.
4. Si debe interrumpirse la respiración con oxígeno debido a Toxicidad por Oxígeno del SNC, puede reanudarse 15 minutos después que todos los síntomas hayan cesado. Continúe la cédula en el punto de interrupción (vea el [párrafo 20-7.11.1.1](#)).
5. El tender respira 100% de oxígeno durante los últimos 15 minutos a 45 pam y durante el ascenso a la superficie sin importar la velocidad de ascenso usada.
6. El paciente puede respirar aire u oxígeno durante el ascenso.
7. Si el paciente no puede tolerar el oxígeno en 45 pam, esta tabla puede ser modificada para permitir una profundidad de tratamiento de 30 pam. El tiempo de respiración con oxígeno puede ser extendido a un máximo de 3 a 4 horas.

Perfil de Profundidad/Tiempo de la Tabla de Tratamiento 9

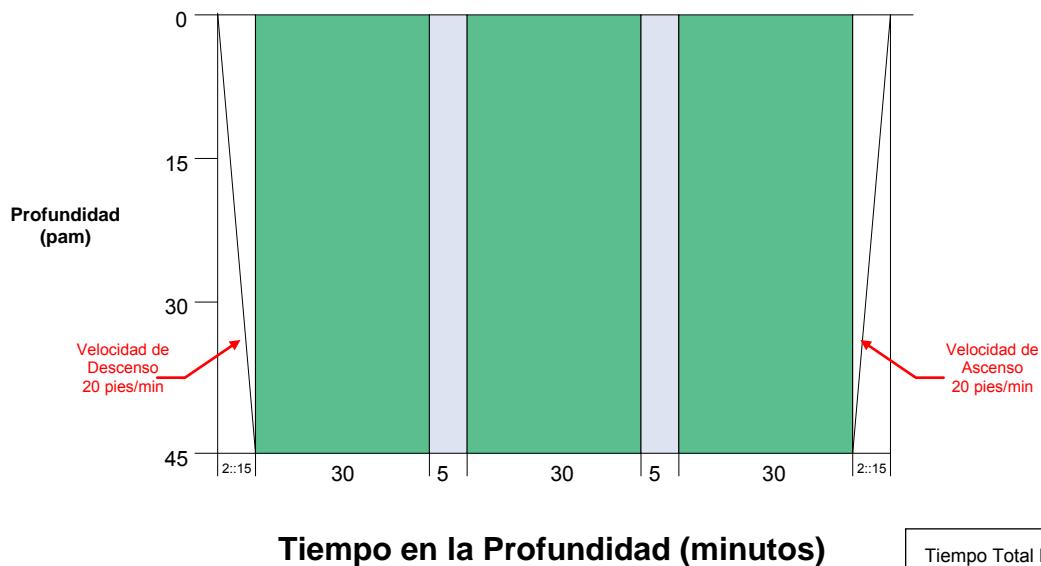


Figura 20-10. Tabla de Tratamiento 9.

Tabla de Tratamiento con Aire 1A

1. Velocidad de descenso - 20 pies/min.
 2. Velocidad de ascenso - 1 pie/min.
 3. El tiempo a 100 pam incluye el tiempo desde la superficie.

Perfil de Profundidad/Tiempo de la Tabla de Tratamiento 1A

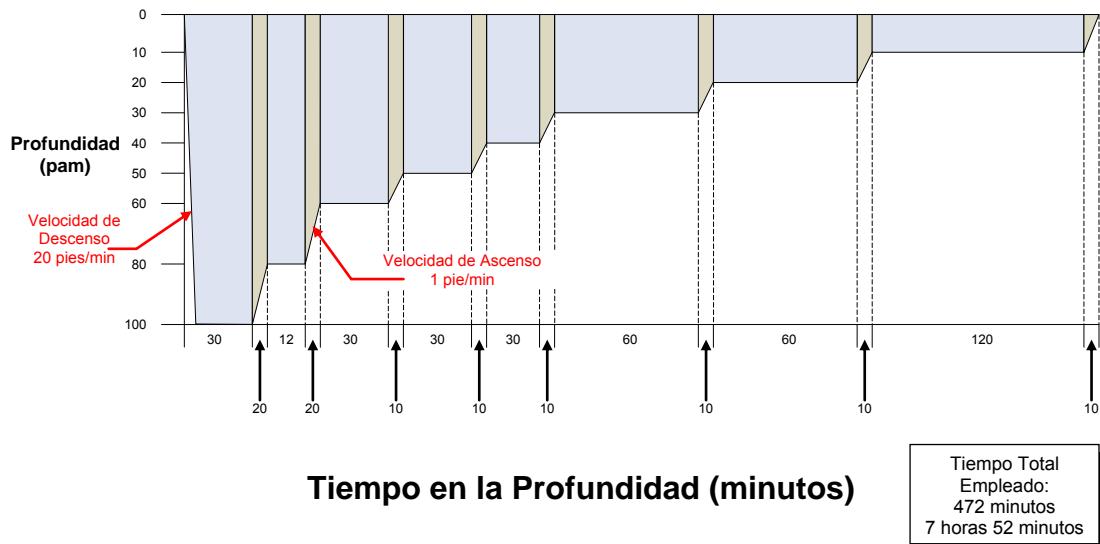


Figura 20-11. Tabla de Tratamiento con Aire 1A.

Tabla de Tratamiento con Aire 2A

1. Velocidad de descenso - 20 pies/min.
2. Velocidad de ascenso - 1 pie/min.
3. El tiempo a 165 pam incluye el tiempo desde la superficie.

Perfil de Profundidad/Tiempo de la Tabla de Tratamiento 2A

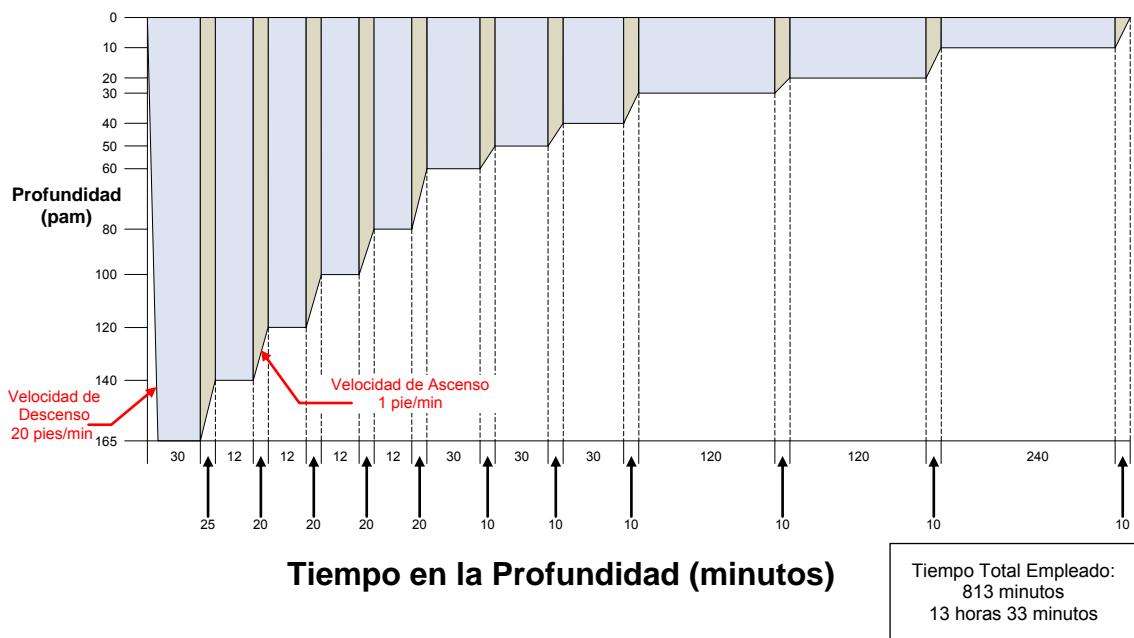


Figura 20-12 Tabla de Tratamiento con Aire 2A.

Tabla de Tratamiento con Aire 3

1. Velocidad de descenso - 20 pies/min.
2. Velocidad de ascenso - 1 pies/min.
3. El tiempo a 165 pam incluye el tiempo desde la superficie.

Perfil de Profundidad/Tiempo de la Tabla de Tratamiento 3

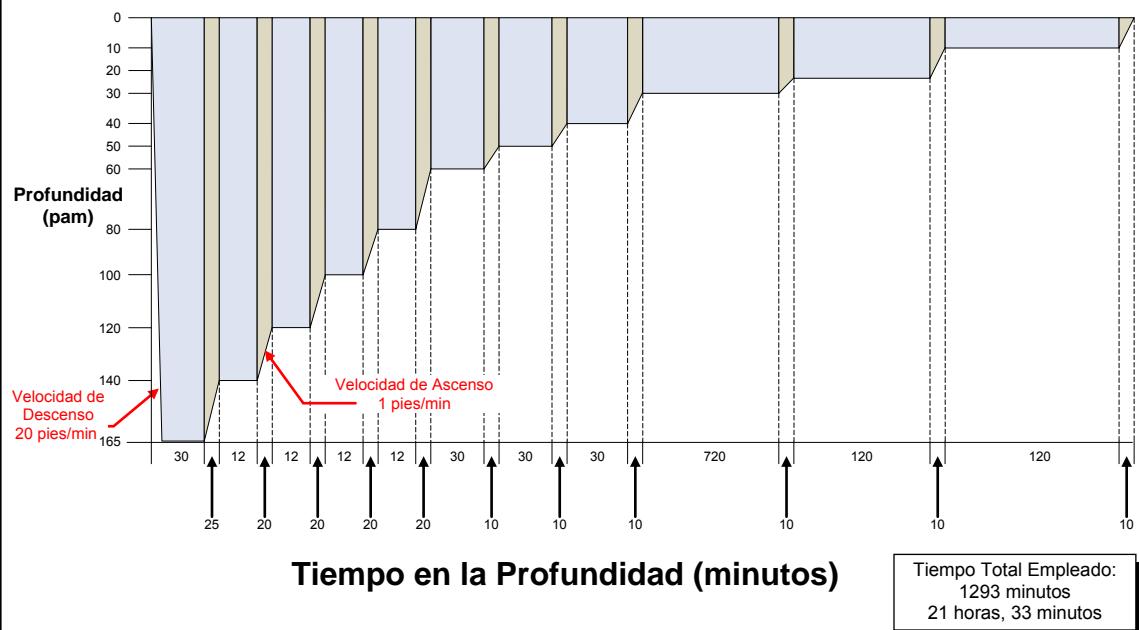


Figura 20-13. Tabla de Tratamiento 3.

CAPITULO 21

Operación de Cámaras de Recompresión

21-1 INTRODUCCION

- 21-1.1** **Objetivo.** Este capítulo familiarizará al personal con los requerimientos de mantenimiento y operacionales de las cámaras de recompresión.
- 21-1.2** **Alcance.** Las cámaras de recompresión son usadas para el tratamiento de las enfermedades de descompresión y embolismo gaseoso arterial, para descompresión en superficie y para la administración de pruebas de presión a prospectos de buzos. Las cámaras de recompresión equipadas para la administración de oxígeno hiperbárico también son usadas en las instalaciones médicas para tratamientos hiperbáricos de envenenamiento por monóxido de carbono, gangrena gaseosa y otras enfermedades. Se requiere una cámara de recompresión en el sitio para la descompresión de buceos con suministro de aire desde superficie a profundidades mayores de 130 pam y para todas las descompresiones de buceos con suministro de helio-oxígeno desde superficie.
- 21-1.3** **Definiciones de Cámaras.** Son utilizadas las cámaras de doble compartimento porque permiten la entrada y salida a la cámara al personal atendiente y los suministros durante el tratamiento. Donde es dicho:
- **Cámara en la estación** es definida como una cámara certificada y lista en el sitio de buceo.
 - **Cámara en el sitio** es definida como una cámara certificada y lista, accesible a 30 minutos del sitio de buceo por la transportación disponible.
 - **Cámara de emergencia** es definida como la cámara de recompresión más cercana disponible cuando una cámara no es requerida en la estación o en el sitio. Puede utilizarse una cámara no certificada si el Supervisor de Buceo es de la opinión de que es segura de usar.

21-2 DESCRIPCION

La mayoría de las unidades de la Marina de E.U. equipadas con cámara, tendrán una de las siete cámaras suministradas más comúnmente. Estas son:

1. Cámara de acero de doble compartimento, 200 psig y 425 pies cúbicos ([Figura 21-1](#)).
2. Instalación de Cámara de Recompresión: RCF 6500 ([Figura 21-2](#)).
3. Instalación de Cámara de Recompresión: RCF 5000 ([Figura 21-3](#)).
4. Cámara de acero de doble compartimiento, 100 psig y 202 pies cúbicos (Clase ARS 50 y Modernizada) ([Figura 21-4](#) y [Figura 21-5](#)).
5. Sistema de Cámara de Recompresión de Doble Compartimiento Estándar de la Marina (SNDLRCS) ([Figura 21-6](#)).
6. Sistema de Cámara de Recompresión Portátil (TRCS) ([Figura 21-7](#), [Figura 21-8](#), [Figura 21-9](#)).
7. Cámara de Recompresión para Transportar por Aire (FARCC) ([Figura 21-10](#), [Figura 21-11](#), [Figura 22-12](#)).

Unidades selectas de la Marina de E.U. tienen una opción única de tratamiento llamada Camilla Hiperbárica de Evacuación de Emergencia (EEHS). La EEHS tiene un solo compartimiento y permite que se le administre oxígeno al paciente a 60 pies, mientras es transportado a una cámara de recompresión. Sin embargo, no proporciona un acceso práctico al paciente, y por lo tanto, no califica como un cámara de recompresión en el sitio o en la estación.

21-2.1

Componentes Básicos de la Cámara. Muchos de los componentes básicos de una cámara de recompresión son los mismos de un modelo a otro. Los componentes básicos consisten del contenedor de presión por sí mismo, un suministro de aire, un sistema de escape, un manómetro de presión un sistema de respiración incorporado (SIRI-BIBS) para suministrar oxígeno al paciente. Los componentes adicionales pueden incluir monitores de oxígeno, de bióxido de carbono, de temperatura y humedad, depuradores de bióxido de carbono, sistemas SIRI adicionales para aire y otros gases de tratamiento, un sistema de descarga al exterior del SIRI, y un sistema de calefacción/refrigeración. Colectivamente estos sistemas deben ser capaces de imponer y mantener una presión equivalente a una profundidad de 165 pam (6 atmósferas absolutas) sobre el buzo. Son utilizadas las cámaras de doble compartimento porque permiten la entrada y salida a la cámara al personal atendiente y los suministros durante el tratamiento.

Las tuberías y válvulas de algunas cámaras están diseñadas para permitir el control del suministro de aire y el escape desde el interior o el exterior de la cámara. Los controles del exterior deben ser capaces de sobreponerse a los controles internos en el caso de un problema dentro de la cámara. El método usual para proporcionar esta capacidad de doble control es a través del uso de dos sistemas separados. El primero, consiste de una línea de suministro y una de escape, solamente pueden ser controladas por válvulas que están fuera de la cámara. El segundo sistema de suministro/escape de aire tiene un doble conjunto de válvulas, uno dentro y otro fuera de la cámara. Este diseño permite al tender regular el descenso o ascenso desde el interior de la cámara, pero siempre sujeto al control final del personal del exterior.

21-2.2

Cámaras de Recompresión de Doble Compartimento Modernizadas de la Flota.

Las cámaras modernizadas ([Figura 21-5](#)) tienen monitores de oxígeno y bióxido de carbono, un sistema de absorción de CO₂, un Sistema de Respiración Incorporado (SIRI-BIBS), y un sistema de salida del oxígeno, los cuales juntos reducen los requerimientos de ventilación. Estas cámaras también incluyen un sistema de control ambiental de la cámara para regular la humedad y la temperatura.

21-2.3

Instalación de Cámara de Recompresión (RCF). Las RCF serie 6500 y 5000 ([Figuras 21-2 y 21-3](#)) consisten de dos cámaras de acero estándar de doble compartimento, cada una con compuerta médica y fácil acceso de los ocupantes. La RCF 6500 es capaz de tratar hasta 12 ocupantes, mientras la RCF 5000 es capaz de tratar 7 ocupantes. Los sistemas son instalados en una localidad para apoyar entrenamiento, descompresión en superficie, tratamiento de recompresión y operaciones de tratamiento médico. Cada RCF incluye suministros de aire primario y secundario, con compresores, purificación y almacenamiento, para la presurización y ventilación de la cámara, junto con oxígeno, mezcla de tratamiento y suministro de aire de emergencia para el sistema SIRI. Cada RCF tiene un sistema de acondicionamiento atmosférico que proporciona depuración atmosférica interna y monitoreo, junto con controles de temperatura y humedad para tratamientos a largo término, manejo de gases y el confort del paciente. Los RFC incluyen monitoreo del suministro de gas, un sistema de extinción de fuego, interruptor de falla a tierra y energía de emergencia. Los RFC 6500 están equipados con una brida NATO. Ambas series tienen penetradores extra para equipo auxiliar, tal como monitores del tratamiento del paciente y capuchas.

21-2.4

Sistema de Cámara de Recompresión de Doble Compartimiento Estándar de la Marina (SNDLRCS). La SNDLRCS ([Figura 21-6](#)) consiste de una cámara de recompresión de Doble Compartimiento Estándar de la Marina (SNDL) y un sistema de suministro de gas

alojados dentro de un contenedor de la Organización Internacional para Estándares (ISO). El sistema es capaz de apoyar operaciones de descompresión en superficie, tratamientos médicos y de entrenamiento. El aire es suministrado al sistema utilizando un Módulo de Suministro de Aire en Cilindros (AFRA), el cual es casi idéntico al Módulo de Suministro de Aire (ASRA) utilizado para apoyar un FADS 3 DLSS. El oxígeno es suministrado desde cuatro (4) cilindros que están asegurados al mamparo interior del contenedor ISO. Si está disponible un suministro externo de mezcla de gas también puede ser suministrado al sistema SIRI.

El SNDL es una cámara de recompresión de 54" de diámetro de doble compartimento. Está equipada con camilla, SIRI, sistema de monitoreo de gas, luces y un sistema de acondicionamiento ambiental. La cámara puede acomodar confortablemente a 4 buzos en el compartimento interno y 3 buzos en el compartimento externo.

El contenedor ISO aloja el sistema de suministro de gas y la cámara. También proporciona un refugio de los elementos ambientales a los Tenders Externos y al Supervisor de Buceo al conducir tratamientos. El contenedor tiene calefacción o aire acondicionado como se requiera, y también incluye un escritorio plegable, un gabinete, luces y un vestíbulo.

21-2.5

Sistema de Cámara de Recompresión Portátil (TRCS). El TRCS ([Figura 21-7](#)) consiste de dos cámaras de presión. Una es de forma cónica ([Figura 21-8](#)) llamada la Cámara de Recompresión Portátil (TRC), y la otra tiene forma cilíndrica ([Figura 21-9](#)) llamada la Cámara de Transferencia (TL). Las dos cámaras son capaces de ser conectadas por medio de una brida hembra giratoria NATO.

El TRCS es suministrado con un Sistema de Aire y Oxígeno Comprimido (CAOS) consistente en módulos ligeros de cilindros de aire y oxígeno a alta presión, así como un medio para reducir la presión del suministro de oxígeno. La cámara es capaz de administrar oxígeno y mezcla de gas por medio de las mascarillas.

Cuando se requiere una cámara de recompresión en el sitio por la [Figura 6-14](#), o son planeados buceos con descompresión en superficie, el sistema TRCS completo (incluyendo ambas cámaras TRC y TL) debe estar en el sitio.

Cuando no se requiere cámara de recompresión en el sitio por la [Figura 6-14](#), puede ser usado el compartimento interior (TRC) para tratamientos de recompresión de emergencia.

21-2.6

Cámara de Recompresión para Transportar por Aire (FARCC). Este sistema de cámara consiste de un cámara modernizada de doble compartimento, de 60 pulgadas, en un contenedor militar de 20' x 8' x 8' ([Figura 21-10](#) y [Figura 21-11](#)). La Cámara de Recompresión para Transportar por Aire (FARCC) también incluye un contenedor de soporte de vida ([Figura 21-12](#)). Además, para los requerimientos de energía en los sitios remotos se proporciona un generador auto-suficiente.

21-2.7

Camilla Hiperbárica de Evacuación de Emergencia (EEHS). La Camilla Hiperbárica de Evacuación de Emergencia (EEHS) es un tubo hiperbárico para una sola persona, portable manualmente, usado para transportar a una víctima de buceo o de un submarino imposibilitado, desde el sitio del accidente a una instalación de tratamiento mientras está bajo presión. El EEHS no remplaza a una cámara de recompresión, sino que es usado en conjunto con una cámara. El EEHS es lo suficientemente pequeño para permitir transportar a un paciente, bajo presión, dentro o fuera de muchas cámaras de recompresión con base en tierra, propiedad de DOD y de organizaciones médicas civiles.

21-2.8

Características Estándar. Las cámaras de recompresión deben estar equipadas con un medio para suministrar oxígeno respirable para el personal en la cámara. El compartimento interior debe estar provisto con conexiones para inhaladores de oxígeno de tipo demanda. El

oxígeno puede ser suministrado a través de un panel reductor de presión conectado con los cilindros de suministro fuera de la cámara.

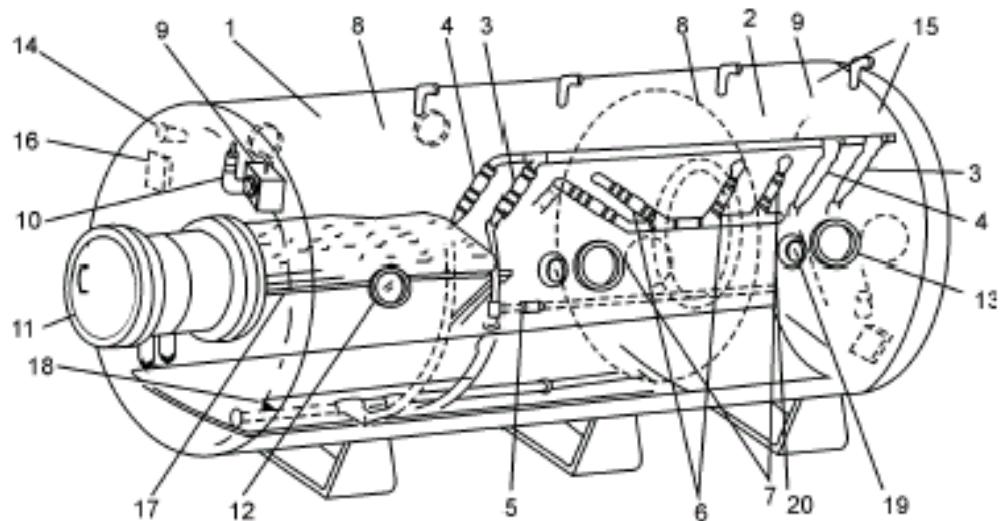
- 21-2.8.1 **Etiquetado.** Todas las líneas deben ser identificadas y etiquetadas para indicar su función, contenido y dirección de flujo. Debe ser usado el código de colores de la [Tabla 21-1](#).
- 21-2.8.2 **Penetradores de Entrada y Salida.** La ventilación óptima de la cámara requiere la separación de los penetradores de entrada y salida dentro de la cámara. Los penetradores de escape deben tener un artefacto que prevenga lesión accidental cuando estos están abiertos.
- 21-2.8.3 **Manómetros de Presión.** Las cámaras deben estar provistas de manómetros de presión adecuados. Estos manómetros, marcados para leerse en pies de agua de mar (pam), deben estar calibrados o comparados como está descrito en el Sistema de Mantenimiento Planeado (SMP) aplicable, para asegurar la precisión, de acuerdo con las instrucciones del [Capítulo 4](#).
- 21-2.8.4 **Válvulas de Alivio.** Las cámaras de recompresión deben estar equipadas con válvulas de alivio de presión en cada compartimiento. Las cámaras que no tienen seguros en las puertas no requieren tener válvulas de alivio en el compartimento exterior. Las válvulas de alivio estarán calibradas de acuerdo con el SMP. Además, todas las cámaras deben estar equipadas con una válvula de cierre, localizada entre el casco de la cámara y cada válvula de alivio. Esta válvula de cierre será de acción rápida, tipo válvula de globo, de tamaño compatible con la válvula de alivio y su tubería de suministro. La válvula de condena estará asegurada en posición abierta.

Tabla 21-1. Guía de Líneas de Cámaras de Recompresión.

Función	Designación	Código de Colores
Helio	HE	Café
Oxígeno	OX	Verde
Mezcla Helio-Oxígeno	HE-OX	Café y Verde
Nitrógeno	N	Gris Claro
Mezcla Nitrógeno-Oxígeno	N-OX	Gris Claro y Verde
Escape	E	Plata
Aire (Baja Presión)	ALP	Negro
Aire (Alta Presión)	AHP	Negro
Agua Fría	CW	Azul y Blanco
Agua Caliente	HW	Rojo y Blanco
Agua Potable	PW	Azul
Material Contra Fuego	FP	Rojo

- 21-2.8.5 **Sistema de Comunicación.** Las comunicaciones de la cámara son proporcionadas a través de un sistema de intercomunicación de buceo, con la unidad dual micrófono/bocina en la cámara y la unidad de superficie en el exterior. El sistema de comunicación debe estar diseñado para que el personal dentro de la cámara no necesite interrumpir sus actividades para operar el sistema. El sistema de comunicación de respaldo puede ser proporcionado por un equipo estándar de teléfonos operados por sonido. El botón de presión para hablar en el equipo del interior de la cámara puede estar oprimido y encintado, manteniéndose así el circuito abierto.
- 21-2.8.6 **Accesorios Fijos de Iluminación.** Se debe dar consideración a la instalación de un accesorio fijo de iluminación de bajo nivel (en un circuito separado), el cual pueda ser usado para aliviar al paciente del calor y resplandor de las luces principales. Son obligatorias las luces de emergencia para ambos compartimentos y para la estación de control externo. No es permitido dentro de la cámara ningún otro equipo eléctrico que el autorizado dentro del alcance de la certificación o listado de la NAVSEA Lista Autorizada para Uso de la Marina (ANU). Debido a la posibilidad de fuego o explosión cuando se trabaja con una atmósfera de oxígeno o aire comprimido, todo cable y equipo eléctrico usado en la cámara debe cumplir las especificaciones requeridas.

Cámara de Recompresión de Acero de Doble Compartimento

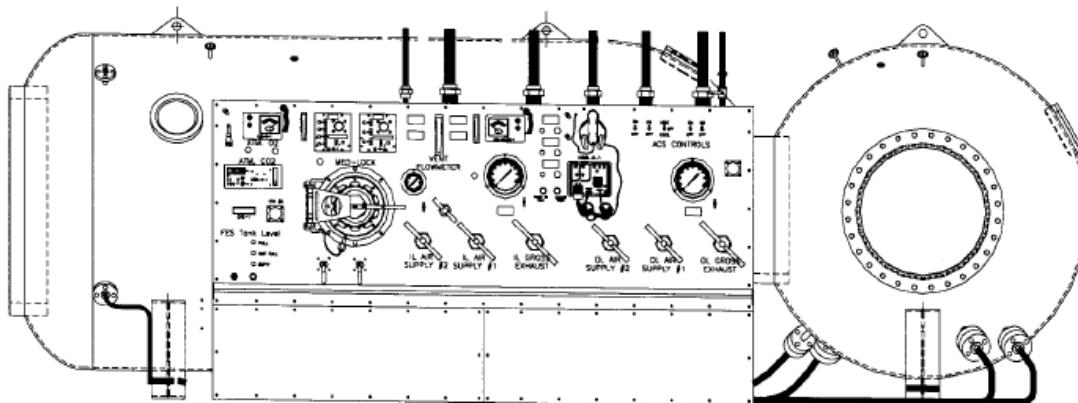


- | | |
|---|--|
| 1. Compartimento Interno | 11. Compartimento Médico de 18" de Diámetro |
| 2. Compartimento Externo | 12. Mirilla - Compartimento Interno (4) |
| 3. Suministro de Aire - Válvula Dos | 13. Mirilla - Compartimento Externo (2) |
| 4. Suministro de Aire - Válvula Uno | 14. Luces - Compartimento Interno 40 Watt (4) |
| 5. Válvula de Igualación de Presión | 15. Luces - Compartimento Externo 40 Watt |
| 6. Escape - Válvula Dos | 16. Transmisor/Receptor |
| 7. Escape - Válvula Uno | 17. Litera - 2'6" x 6'6" |
| 8. Panel de Oxígeno | 18. Banca |
| 9. Válvula de Cierre de Alivio (1 por
compartimento) | 19. Manómetro - Exterior (2 por compartimento) |
| 10. Válvula de Alivio - 110 psig | 20. Manómetro - Interior (1 por compartimento) |

Presión de Diseño Original - 200 psig
Presión de Prueba Hidrostática Original - 400 psig
Presión Máxima de Operación - 100 psig

Figura 21-1. Cámara de Recompresión de Acero de Doble Compartimento.

Instalación de Cámara de Recompresión: RCF6500



Presión de Diseño: 110 psig

Longitud: 21' 3"

Altura: 7' 6"

Volumen Interior(CE): 144 p³

Apertura de la Puerta (CE): 30"

Temperatura de Diseño: 0-125 °F

Diámetro: 6' 6"

Altura: 7' 6"

Volumen Interior (CI): 440 p³

Apertura de la puerta (CI): 48"

Mirillas: 6 @ 8" de diámetro (incluye 1 para video)

Compartimiento Medico: 18" de diámetro X 20" de largo montado en consola con Actuador de Cerrado Rápido ASME

Brida de Acoplamiento: NATO para STANAG 1079

Monitoreo Atmosférico: Oxígeno, Bióxido de Carbono, Temperatura

Monitoreo de Temperatura: Calentador/Enfriador Externo con ventilador interno

Depurador (Scrubber): Accionado magneticamente, canastilla remplazable

SIRI (BIBS): 8 mascarillas en el CI, 4 mascarillas en el CE, cambiador automático con block y purga para Oxígeno/Nitrox
or Heliox/Aire, salida al exterior,y análisis de Oxígeno del suministro de gas

Comunicación Principal: Audífonos/Bocina accionados por CA con baterías de respaldo

Comunicación Secundaria: Teléfono operado por sonido

Mobiliario: Dos Literas de 7', Una Banca de 5' 6", Una banca de 18" X 18"

Iluminación: 4 Lámparas en el CI, 2 Lámparas en el CE

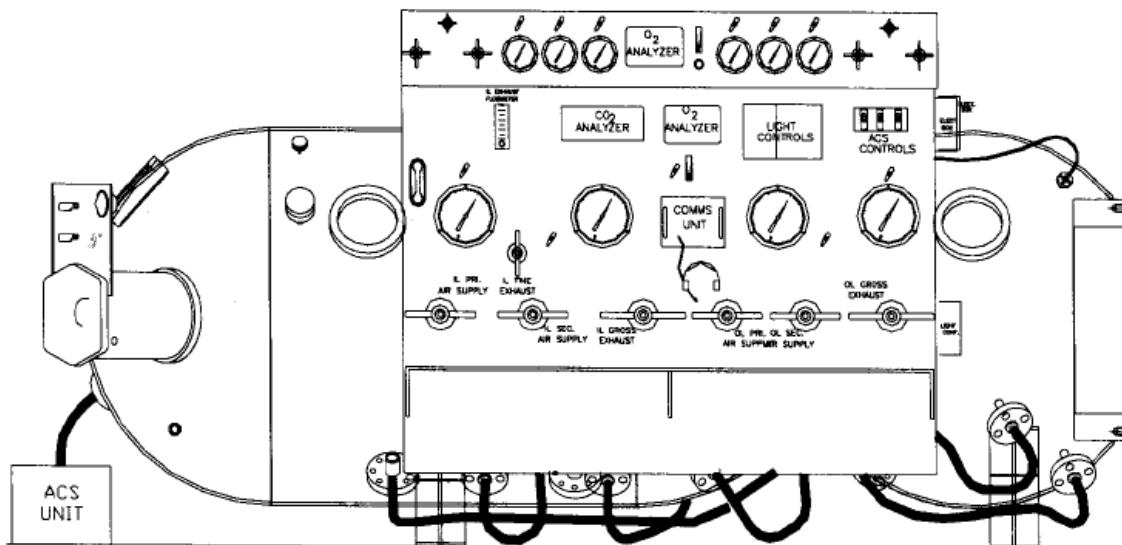
Controles de Presurización de Gas: Aire Primario y secundario

Controles de Ventilación de Aire: Ventilación gruesa y ventilación fina (con flujómetro)

Sistema de Extinción de Fuego: 2 mangueras en el CI, 1 en el CE

Figura 21-2. Instalación de Cámara de Recompresión: RCF6500.

Instalación de Cámara de Recompresión: RCF5000



Presión de Diseño: 110 psig

Longitud: 14' 8"

Altura: 5' 7"

Volumen Interior (CE): 61 p³

Apertura de la Puerta (CE): 30"

Temperatura: 0-125 °F

Diámetro: 5'

Peso: 9,300 lbs.

Volumen Interior (CI): 162 p³

Mirillas: 6 @ 8" de diámetro (incluye 1 para video)

Compartimiento Médico: 18" de diámetro X 20" de largo montado en consola con Actuador de Cerrado Rápido ASME

Brida de Acople: NATO para STANAG 1079

Monitoreo Atmosférico: Oxígeno, Bióxido de Carbono, Temperatura

Monitoreo de Temperatura: Calentador/Enfriador externo con ventilador interno

Depurador (Scrubber): Accionado magnéticamente, canastilla remplazable

SIRI (BIBS): 4 mascarillas en el CI, 3 mascarillas en el CE, salida al exterior y análisis de Oxígeno del suministro de gas

Comunicación Principal: Audífonos/Bocina accionados por CA con baterías de respaldo

Comunicación Secundaria: Teléfono operado por sonido

Mobiliario: Una litera, Una banca

Iluminación: 2 Lámparas en el CI, 1 Lámpara en el CE

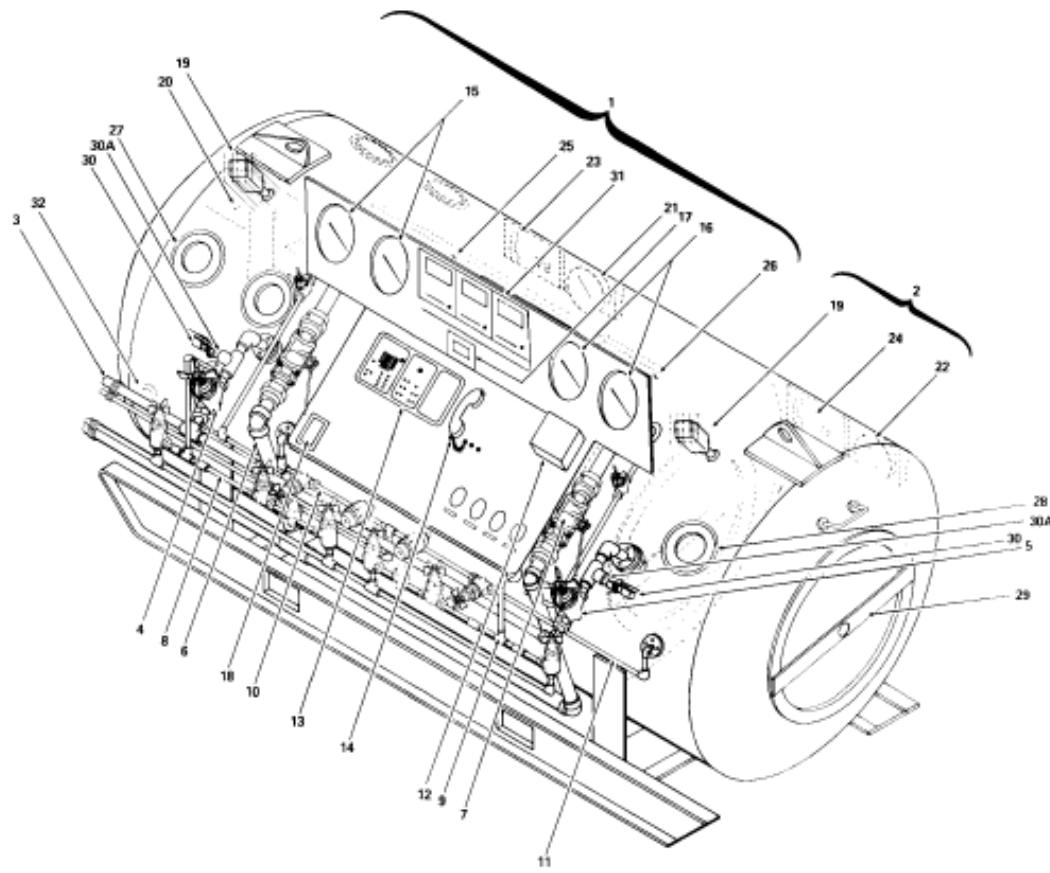
Controles de Presurización de Gas: Aire primario y secundario

Controles de Ventilación de Aire: Ventilación gruesa y ventilación fina (con flujómetro)

Sistema de Extinción de Fuego: Extinguidor Hiperbárico

Figura 21-3. Instalación de Cámara de Recompresión: RCF5000.

Cámara de Recompresión de Doble Compartimiento Clase ARS 50



- | | |
|--|--|
| 1. Compartimiento Interno | 18. Interruptor de Falla a Tierra |
| 2. Compartimiento Externo | 19. Ensamble de Luz de Tubo |
| 3. Conexión del Suministro de Aire | 20. Panel del Depurador de CO ₂ y Enfriador |
| 4. Suministro de Aire - Compartimiento Interno | 23. Panel de Comunicación - CI |
| 5. Suministro de Aire - Compartimiento Externo | 24. Panel de Comunicación - CE |
| 6. Escape - Compartimiento Interno | 25. Litera Principal |
| 7. Escape - Compartimiento Externo | 26. Extensión de Litera |
| 8. Suministro al SIRI (BIBS) - CI | 27. Mirillas - Compartimiento Interno (4) |
| 9. Suministro al SIRI (BIBS) - CE | 28. Mirillas - Compartimiento Externo (2) |
| 10. Salida del SIRI - Compartimiento Interno | 29. Seguro de Escotilla |
| 11. Salida del SIRI - Compartimiento Externo | 30. Válvula de Alivio - 100 psig |
| 12. Analizador de Oxígeno | 30A. Válvula de Cierre |
| 13. Comunicaciones | 31. Controles de Luz de Tubo |
| 14. Teléfono Auto-generador | 32. Penetrador del Enfriador y Scrubber |
| 15. Profundímetro Externo - Comp. Interno (2) | |
| 16. Profundímetro Externo - Comp. Externo (2) | |
| 17. Tele-termómetro | |

Presión de Diseño - 100 psig

Presión de Prueba Hidrostática Original - 150 psig

Localizaciones Principales - Barcos de Salvamento Clase ARS-50

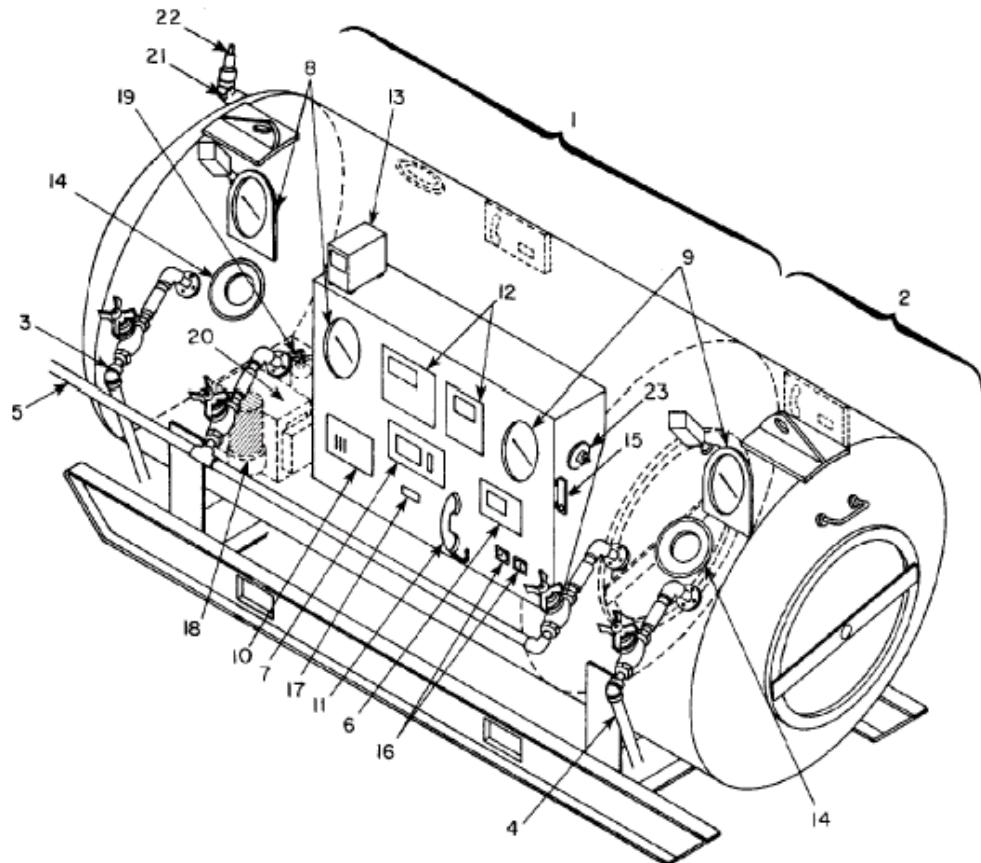
Volumen - Compartimiento Interno = 134 pies³

- Compartimiento externo = 68 pies³

- Total = 202 pies³

Figura 21-4. Cámara de Recompresión de Doble Compartimiento Clase ARS 50.

Cámara de Recompresión Modernizada de Doble Compartimiento



- | | |
|---|---|
| 1. Compartimiento Interno | 13. Interruptor de Falla a Tierra |
| 2. Compartimiento Externo | 14. Mirillas (5) |
| 3. Suministro de Gas - Compartimiento Interno | 15. Flujómetro |
| 4. Suministro de Gas - Compartimiento Externo | 16. Reloj/Cronómetro |
| 5. Escape de Gas | 17. Tele-termómetro |
| 6. Analizador de Oxígeno | 18. Depurador de CO ₂ |
| 7. Analizador de Bióxido de Carbono | 19. Extintor de Fuego |
| 8. Profundímetro - Compartimiento Interno (2) | 20. Unidad de Enfriamiento |
| 9. Profundímetro - Compartimiento Externo (2) | 21. Válvula de Cierre |
| 10. Panel de Comunicaciones | 22. Válvula de Alivio - 110 psig |
| 11. Teléfono Auto-generador | 23. Regulador de Salida del SIRI - C. Externo |
| 12. Panel de Control de Luz de Tubo | |

Figura 21-5. Cámara de Recompresión Modernizada de Doble Compartimiento.

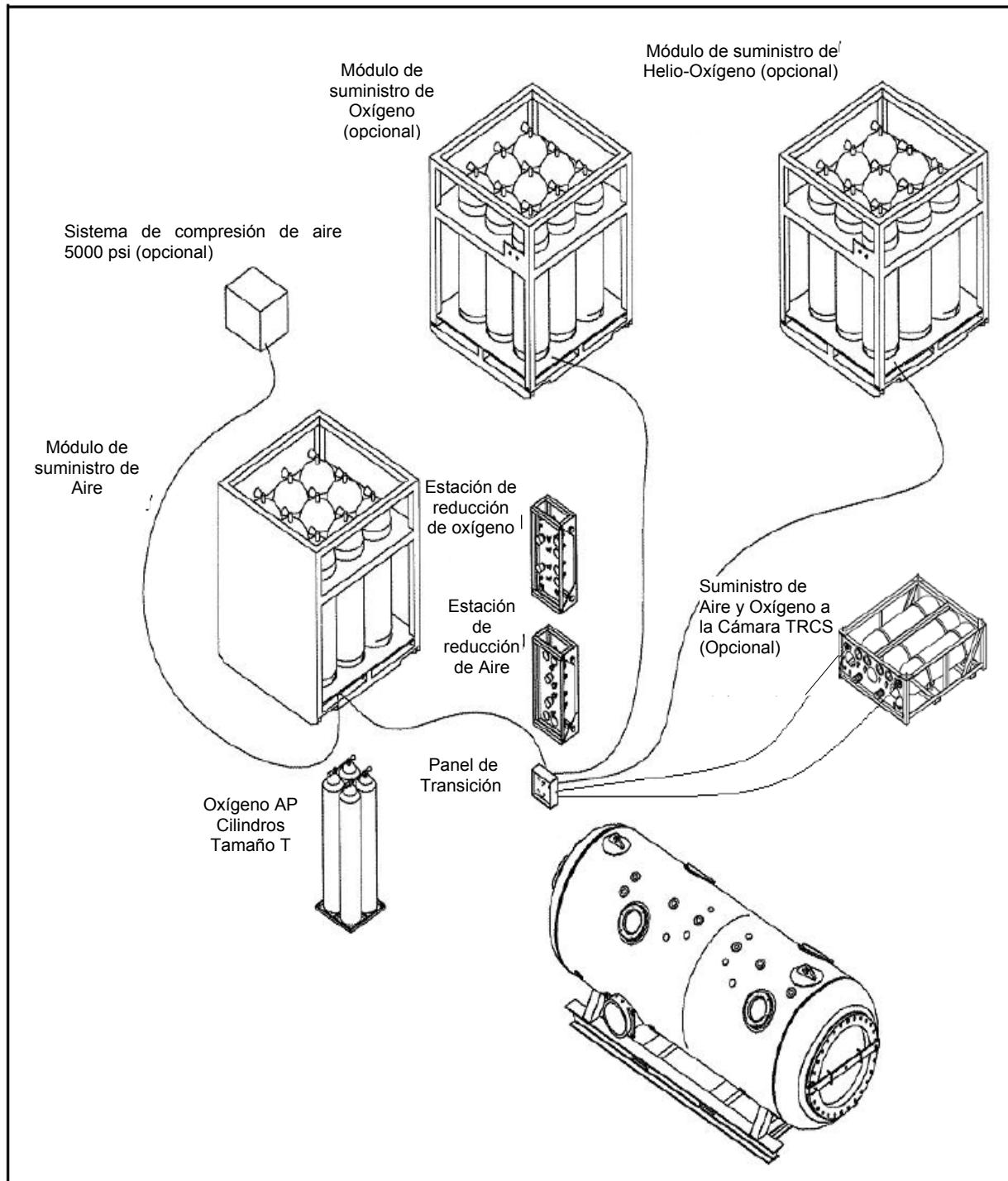


Figura 21-6. Sistema de Cámara de Recompresión de Doble Compartimiento Estándar de la Marina

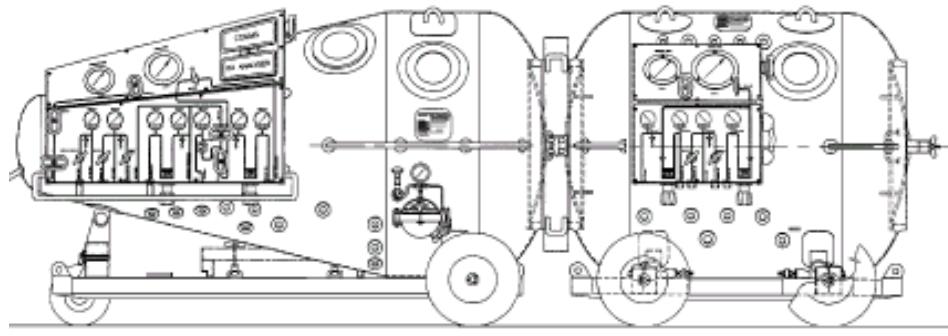
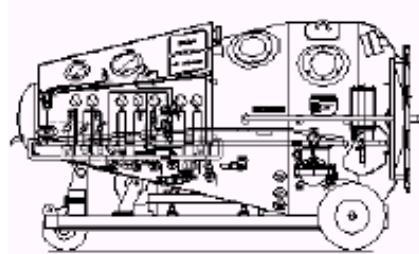
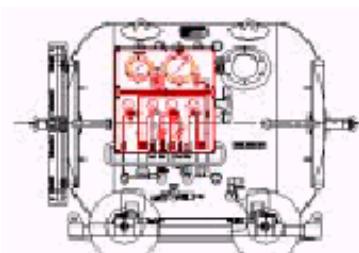


Figura 21-7. Sistema de Cámara de Recompresión Portátil (TRCS).



Altura	52" con ruedas, 48" sin ruedas.
Ancho	50.7"
Peso	1268 lbs
Volumen Interno	45 pies ³
Abertura de Puerta	26"
Mirillas	3 @ 6" Ø Abertura Libre
Compartimiento Médico	5.75" Ø x 11.8" largo
Brida de Acople	Macho para NATO STANG 1079
Depurador de Soporte de Vida	Movido por aire, depurador reemplazable, la canastilla cabe en el Compartimiento Médico
SIRI (BIBS)	2 mascarillas - suministro de aire y oxígeno (con capacidad para N ₂ O ₂ o HeO ₂) - descarga exterior
Presión de Diseño	110 psig
Control Atmosférico	Analizador de Oxígeno y Bióxido de Carbono
Temperatura de Diseño	0 - 125 °F
Suministro de Gas	Aire y Oxígeno primario y secundario
Longitud	95.7"
Comunicaciones	Bocina/auricular energizados por batería
Accesorios	Camilla para el paciente, Asiento para el asistente

Figura 21-8. Cámara de Recompresión Portátil (TRC).



Altura	52.9"
Ancho	54.8"
Peso	1367 lbs.
Volumen Interno	45.5 pies ³
Abertura de Puerta	2 puertas - 26"
Mirillas	2 @ 6" Ø Abertura Libre
Brida de Acople	Hembra Giratoria para NATO STANG 1079
Depurador de Soporte de Vida	Movido por aire, depurador reemplazable, la canastilla cabe en el Compartimiento Médico
SIRI - BIBS	2 mascarillas - suministro de aire y oxígeno - descarga exterior
Presión de Diseño	110 psig
Temperatura de Diseño	0 - 125 °F
Longitud	69.9"
Control Atmosférico	Analizador de Oxígeno y Bióxido de Carbono
Suministro de Gas	Aire y Oxígeno primario y secundario
Comunicaciones	Teléfono Auto-generador

Figura 21-9. Compartimiento de Transferencia (TL).

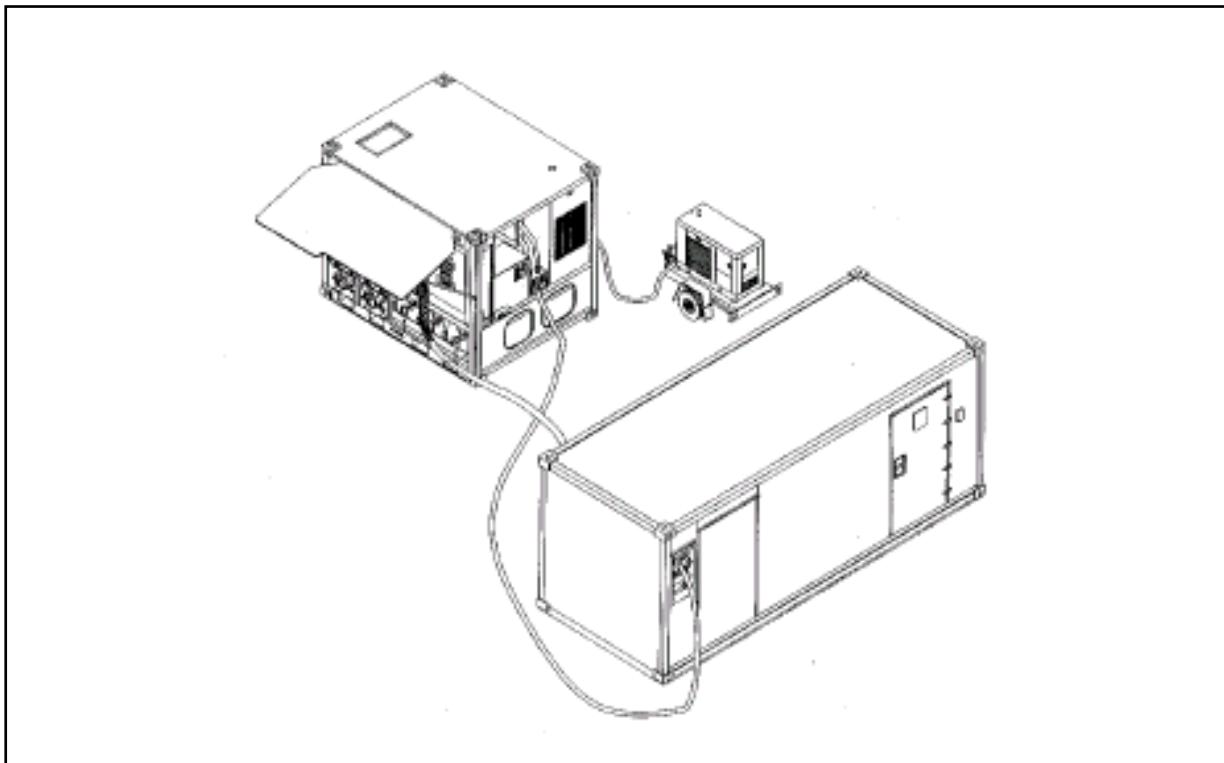


Figura 21-10. Cámara de Recompresión para Transportar por Aire (FARCC).

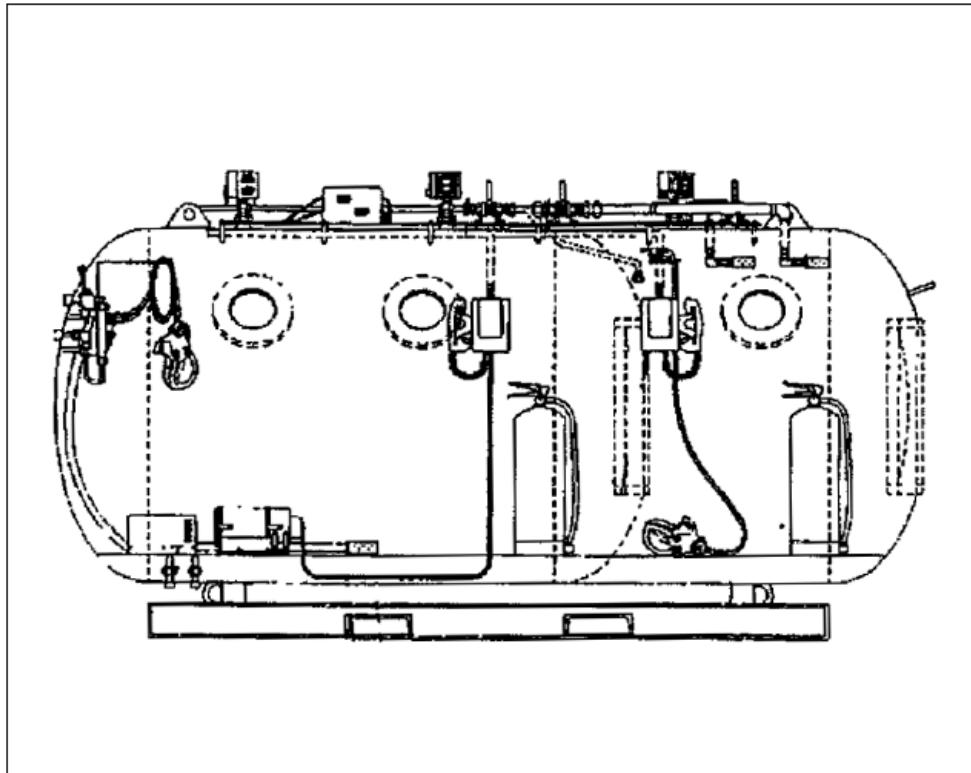


Figure 21-11. Cámara de recompresión Transportada por Aire.

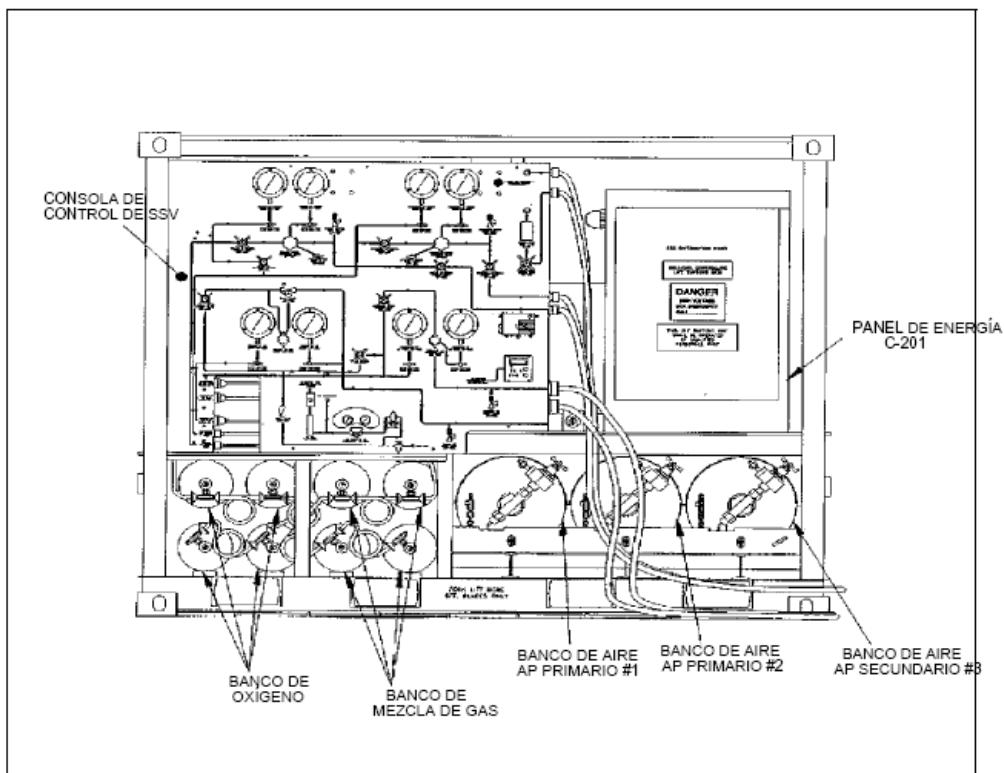


Figure 21-12. Módulo de Soporte de Vida de la Cámara de Recompreión Transportada por Aire.

21-3 ESTADO DE DISPONIBILIDAD

Ya que la cámara de recompresión es un equipo de emergencia, debe ser mantenida en un estado de disponibilidad. La cámara estará bien mantenida y equipada con todos los accesorios necesarios. Una cámara no es para ser usada como un compartimento de almacenamiento.

La cámara y los sistemas de suministro de aire y oxígeno deben ser verificados antes de cada uso con la Lista de Verificación Previa al Buceo y de acuerdo con las instrucciones del SMP. Todo el personal de buceo será entrenado en la operación del equipo de la cámara de recompresión y debe ser capaz de ejecutar cualquier tarea requerida durante el tratamiento.

21-4 SUMINISTRO DE GAS

Un sistema de cámara de recompresión debe tener un sistema de suministro de aire primario y uno secundario que satisfaga la [Tabla 21-2](#). El propósito de este requerimiento es para asegurar que el sistema de cámara de recompresión, por lo menos, es capaz de conducir una [Tabla de Tratamiento 6A \(TT6A\)](#).

21-4.1

Capacidad. El sistema puede consistir de bancos de aire y/o un compresor adecuado. El sistema de suministro de aire primario debe tener suficiente aire para presurizar una vez el compartimento interior a una profundidad de 165 pam y dos veces el compartimento exterior a la misma profundidad, y ventilar la cámara como se especifica en la [Tabla 21-2](#).

- Capacidad del Sistema Primario:

$$C_p = (5 \times V_{ci}) + (10 \times V_{ce}) + VR$$

Donde:

C_p = capacidad mínima del sistema primario en pies cúbicos estándar

V_{ci} = volumen del compartimento interior

V_{ce} = volumen del compartimento exterior

5 = atmósferas equivalentes a 165 pam

10 = dos veces las atmósferas equivalentes a 165 pam

VR = ventilación requerida. Ver el párrafo 21.5.4 por los requerimientos de ventilación Categoría A y B. No utilizado para Categorías C, D y E.

El sistema de suministro de aire secundario debe tener suficiente aire para presurizar los compartimentos interno y externo una vez a 165 pam y para ventilar la cámara como se especifica en la [Tabla 21-2](#).

- Requerimientos del Sistema Secundario:

$$C_s = (5 \times V_{ci}) + (5 \times V_{ce}) + VR$$

Donde:

C_s = capacidad mínima del sistema secundario en pies cúbicos estándar

V_{ci} = volumen del compartimento interior

V_{ce} = volumen del compartimento exterior

5 = atmósferas equivalentes a 165 pam

VR = ventilación requerida. Para Categorías A, B y C, use 4,224 para una proporción de ventilación de 70.4 pies cúbicos por minuto estándar por una

hora. Para Categorías D y E calcule el aire o NITROX requerido para dos personas y un tender respirando por mascarillas (cuando no están con O₂) durante una TT6A con las máximas extensiones.

Tabla 21-2. Requerimientos de Suministro de Aire de las Cámaras de Recompresión.

Configuración de la Cámara de Recompresión	Requerimiento de Aire Primario	Requerimiento de Aire Secundario
CATEGORÍA A: SIRI sin escape al exterior Sin depurador de CO ₂ Sin aire en SIRI Sin monitores de O ₂ y CO ₂	Suficiente aire para presurizar el CI una vez y dos veces el CE a 165 pam y ventilar durante una TT6A para un tender y dos pacientes con las máximas extensiones.	Suficiente aire para presurizar el CI y el CE a 165 pam una vez y ventilar por una hora a 70.4 pies cúbicos por minuto estándar.
CATEGORÍA B: SIRI con escape al exterior Sin depurador de CO ₂ Sin aire en SIRI Monitores de O ₂ y CO ₂	Suficiente aire para presurizar el CI una vez y dos veces el CE a 165 pam y ventilar por el CO ₂ durante una TT6A para un tender y dos pacientes con las máximas extensiones.	Suficiente aire para presurizar el CI y el CE a 165 pam una vez y ventilar por una hora a 70.4 pies cúbicos por minuto estándar.
CATEGORÍA C: SIRI con escape al exterior Depurador de CO ₂ Sin aire en SIRI Monitores de O ₂ y CO ₂	Suficiente aire para presurizar el CI una vez y dos veces el CE a 165 pam.	Suficiente aire para presurizar el CI y el CE a 165 pam una vez y ventilar por una hora a 70.4 pies cúbicos por minuto estándar.
CATEGORÍA D: SIRI con escape al exterior Depurador de CO ₂ Aire en SIRI Monitores de O ₂ y CO ₂	Suficiente aire para presurizar el CI una vez y dos veces el CE a 165 pam. (Para el TRCS, debe incluirse suficiente aire para mover el depurador de CO ₂).	Suficiente aire para presurizar el CI y el CE a 165 pam una vez y suficiente aire para un tender y dos pacientes (cuando no están con O ₂) para respirar aire por el SIRI durante una TT6A con las máximas extensiones.
CATEGORÍA E: SIRI con escape al exterior Depurador de CO ₂ Monitores de O ₂ y CO ₂ Depurador de CO ₂ de reserva Suministro de energía secundario NITROX en SIRI Sin aire en SIRI	Suficiente aire para presurizar el CI una vez y dos veces el CE a 165 pam.	Suficiente aire para presurizar el CI y el CE a 165 pam una vez y suficiente aire/NITROX para un tender y dos pacientes (cuando no están con O ₂) para respirar aire/NITROX por el SIRI durante una TT6A con las máximas extensiones.
Notas:		
1) Se requerirá una fuente adicional de aire por PSOB (Folleto de inspección previa exterior) para TT4, 7 u 8.		
2) Para cámaras utilizadas para realizar "Sur D", se requiere aire suficiente para realizar una TT6 además de cualquier "Sur D" planada.		
3) Los requerimientos de escape al exterior del SIRI también pueden satisfacerse con SIRI de circuito cerrado con depurador de CO ₂ .		

21.5 OPERACIÓN

21-5.1 **Lista de Verificación Previa al Buceo.** Para asegurarse que cada artículo esta operacional y listo para usar, ejecute la verificación del equipo que se encuentra en la Lista de Verificación de Cámara de Recompresión Previa al Buceo, [Figura 21-13](#).

21-5.2 Precauciones de Seguridad.

- No use aceite sobre cualquier accesorio de oxígeno, aire o pieza del equipo.
- No permita que los tanques de suministro de oxígeno sean vaciados abajo de 100 psig.
- Compruebe que los seguros están en buenas condiciones de operación y que los sellos son herméticos.
- No deje las puertas aseguradas (si es aplicable) después de la presurización.
- No permita que sean llevadas al interior de la cámara flamas abiertas, o cualquier material humeante o inflamable.
- No permita el uso de aparatos eléctricos en la cámara a menos que estén en la lista de Autorizados para el Uso de la Marina (ANU).
- No ejecute reparaciones o modificaciones no autorizadas en los sistemas de soporte de la cámara.
- No permita productos en la cámara que puedan contaminar o dejar escapar gas dentro de la atmósfera de la cámara.

21-5.3 Procedimientos Generales de Operación.

1. Asegure que se complete la Lista de Verificación Previa al Buceo.
2. Buzo y tender entran a la cámara juntos.
3. El buzo se sienta en una posición que no lo acalambre.
4. El tender cierra y asegura (si está equipada) la puerta del compartimiento interior.
5. Presurice la cámara, a la velocidad y la profundidad especificada en la tabla de descompresión o recompresión apropiada.
6. Tan pronto como se obtenga el sellado o una vez alcanzada la profundidad, el tender libera los seguros (si está equipada).
7. Ventile la cámara de acuerdo a la proporción especificada y encienda el depurador de CO₂ y el sistema de acondicionamiento de la cámara.
8. Asegure la apropiada descompresión de todo el personal.
9. Asegure que se complete la Lista de Verificación Posterior al Buceo.

21-5.3.1 Cambio de Tender. Durante tratamientos extensos, el personal médico puede preferir entrar a examinar al paciente y entonces salir, en lugar de permanecer dentro durante todo el tratamiento. Los tenders del interior pueden cansarse y necesitar descanso.

Lista de Verificación de Cámara de Recomisión Previa al Buceo	
Equipo	Iniciales
Cámara	
Sistema certificado	
Libre de todo equipo extraño	
Libre de olores nocivos	
Puertas y sellos sin daños, sellos lubricados	
Profundímetros calibrados/comparados	
Sistema de Suministro de Aire	
Adecuado suministro primario y secundario de aire	
Suministro de una válvula: Válvula cerrada	
Suministro de dos válvulas: Válvula exterior abierta, válvula interior cerrada, si aplica	
Válvula de igualación cerrada, si aplica	
Regulador del suministro ajustado a 250 psig o a otra presión apropiada	
Conexiones apretadas, filtros limpios, compresor con combustible	
Sistema de Escape	
Escape de una válvula: Válvula cerrada y calibrada para ventilación	
Escape de dos válvulas: Válvula exterior abierta, válvula interior cerrada, si aplica	
Sistema de Suministro de Oxígeno	
Cilindros llenos, marcados como OXIGENO PARA RESPIRACION, válvulas abiertas	
Cilindros de reemplazo a la mano	
Máscaras del sistema de respiración incorporado (SIRI) instaladas y probadas	
Regulador del suministro ajustado de acuerdo con los procedimientos de operación (PO)	
Conexiones apretadas, manómetros calibrados	
Válvulas del panel de oxígeno cerradas	
Descarga del SIRI funcionando	

Figura 21-13. Lista de Verificación de Cámara de Recomisión Previa al Buceo (hoja 1 de 2).

Lista de Verificación de Cámara de Recompresión Previa al Buceo	
Equipo	Iniciales
Sistema Eléctrico	
Luces	
Analizador de bióxido de carbono calibrado	
Analizador de oxígeno calibrado	
Indicador de temperatura calibrado	
Depurador para bióxido de carbono operacional	
Unidad de acondicionamiento de la cámara operacional	
Suministro de energía de Corriente Directa (DC)	
Interruptor de Falla a Tierra (GFI)	
Sistema de Comunicación	
Sistema primario probado	
Sistema secundario probado	
Sistema de Prevención de Fuego	
Tanque presurizado para cámaras con sistemas de supresión de fuego instalado	
Material combustible en contenedores de metal	
Ropa retardante de fuego usada por todos los ocupantes de la cámara	
Sabanas y cobertores resistentes al fuego en la cámara	
Medios para extinguir un fuego	
Varios	
Interior de Cámara:	Canastilla de absorbente de CO ₂ con absorbente nuevo instalado
	Urinario
	Botiquín médico primario
	Atenuadores de sonido/protectores auditivos (1 juego por persona). Debe tener una perforación de 1/16" Ø para permitir la igualación
Exterior de Cámara:	Unidad enfriadora/calentadora
	Cronómetros para el tiempo de tratamientos de recompresión, tiempo de descompresión, tiempo del personal que sale de la cámara y tiempo acumulado
	Canastilla del depurador de CO ₂ de repuesto
	<i>Manual de Buceo de la Marina de Estados Unidos, Volumen 5</i>
	Hoja de ventilación
	Bitácora de la cámara
	Procedimientos de Operación (PO) y Procedimientos de Emergencia (PE)
	Botiquín médico secundario
	Calentador de cama (para ser introducido según sea requerido)

Figura 21-13. Lista de Verificación de Cámara de Recompresión Previa al Buceo (hoja 2 de 2).

- 21-5.3.2 **Operaciones de Entrada.** El personal que está entrando a la cámara va dentro del compartimento exterior y cierra la puerta con los seguros (si es aplicable). El compartimento exterior debe ser presurizado a una velocidad controlada por su capacidad de igualar, pero no exceder de 75 pies por minuto. El tender externo registrará el tiempo de inicio de la presurización para determinar la cédula de descompresión para los ocupantes cuando ellos estén listos para dejar la cámara. Cuando los niveles de presión en los compartimentos exterior e interior son iguales, la puerta interior (la cual fue liberada de los seguros al inicio del tratamiento) se abrirá.
- 21-5.3.3 **Operaciones de Salida.** Para salir de la cámara, el personal otra vez entra al compartimento exterior y el tender interno cierra y asegura la puerta interior (si está equipada). Cuando está listo para ascender, el Supervisor de Buceo es notificado y la cédula de descompresión requerida es seleccionada y ejecutada. Se mantiene comunicación constante con el tender interno para asegurar que ha habido sellado en la puerta interior. La profundidad del compartimento exterior es controlada durante toda la descompresión por el tender externo.
- 21-5.3.4 **Válvulas de Cierre.** La palanca actuadora de las válvulas de cierre será mantenida en posición abierta todo el tiempo, durante las operaciones normales de la cámara y cuando la cámara está asegurada. Las válvulas de cierre pueden ser cerradas solamente en el caso de que la válvula de alivio falle durante la operación de la cámara. Las válvulas estarán aseguradas en la posición abierta con alambre delgado que pueda romperse fácilmente cuando se requiera. Una placa de ADVERTENCIA, presentando la inscripción mostrada abajo, debe fijarse a la cámara en la vecindad de cada válvula de cierre y debe ser fácilmente visible por el personal operativo. Las placas de ADVERTENCIA medirán aproximadamente 4 por 6 pulgadas e indicarán lo siguiente:

ADVERTENCIA
La válvula de cierre debe permanecer abierta todo el tiempo.
Cerrar solamente si la válvula de alivio falla.

- 21-5.4 **Ventilación.** Las reglas básicas de ventilación son presentadas abajo. Estas reglas permiten el cálculo rápido de los pies cúbicos por minuto (p^3/min reales) de aire requeridos bajo diferentes condiciones según la presión de la cámara (las reglas están diseñadas para asegurar que la concentración efectiva de dióxido de carbono no excederá de 1.5 por ciento (11.4 mmHg) y que cuando sea usado oxígeno, el porcentaje de oxígeno en la cámara no exceda de 25 por ciento).
1. Cuando se respira aire, proporcione 2 pies cúbicos por minuto reales por cada buzo en reposo y 4 p^3/min reales por cada buzo que no esté en reposo (ej., un tender tomando cuidado activamente de un paciente).
 2. Cuando es respirado oxígeno desde un sistema de respiración incorporado (SIRI), proporcione 12.5 p^3/min reales por un buzo en reposo y 25 p^3/min reales por un buzo que no está en reposo. Cuando esta proporción de ventilación es usada, no se requiere ventilación adicional por el personal que respira aire. Esta proporción de ventilación aplica solamente para el número de gente que está respirando oxígeno y es usada solamente cuando no está instalado un sistema de escape del SIRI.
 3. Si la ventilación debe ser interrumpida por cualquier razón, el tiempo no debe exceder de 5 minutos en cualquier periodo de 30 minutos. Cuando la ventilación es reactivada, debe usarse el doble del volumen de ventilación por el tiempo de interrupción y entonces debe usarse la proporción de ventilación básica otra vez.

4. Si es usado un sistema de descarga o un SIRI de circuito cerrado para la respiración con oxígeno, puede usarse la proporción de ventilación para respiración con aire.
5. Si están disponibles sistemas de monitoreo de oxígeno y bióxido de carbono instalados o portátiles, la ventilación puede ajustarse a mantener el nivel de oxígeno debajo de 25 por ciento por volumen y el nivel de bióxido de carbono debajo de 1.5 por ciento equivalente en superficie (ves).

21-5.4.1

Cálculo de la Ventilación de la Cámara. Sabiendo que tanto aire debe ser usado no resuelve el problema de ventilación, a menos que haya alguna manera de determinar realmente el volumen de aire que está siendo usado para la ventilación. El procedimiento estándar es abrir la válvula de escape un número dado de vueltas (o fracción de vuelta), lo cual proporcionará un cierto número de pies cúbicos de ventilación por minuto a una profundidad específica de la cámara, y usar la válvula de suministro para mantener una presión constante durante el periodo de ventilación. La determinación del ajuste requerido de la válvula para diferentes cantidades de ventilación a diferentes profundidades se realiza como sigue.

ADVERTENCIA

Este procedimiento será realizado con una cámara sin personal para evitar exponer a los ocupantes a un riesgo innecesario.

1. Marque la posición de la manija de la válvula para que sea posible determinar acertadamente el número de vueltas y las fracciones de vuelta.
2. Verifique las reglas básicas de ventilación contra las probables situaciones para determinar la proporción de ventilación a diversas profundidades (presión de la cámara) que pueda ser necesaria. Si el suministro de aire es amplio, la determinación de la proporción de ventilación para pocas profundidades (30, 60, 100 y 165 pies) puede ser suficiente. Será conveniente saber el ajuste de la válvula para cantidades tales como 6, 12.5, 25 ó 37.5 pies cúbicos por minuto reales.
3. Determine el ajuste necesario de la válvula para el flujo y profundidad seleccionados usando un cronómetro y la cámara como un recipiente de medida.
 - a. Calcule que tanto tomará para cambiar la presión de la cámara 10 pies si la válvula de escape deja salir aire a la velocidad deseada cerca de la profundidad en cuestión. Use la siguiente fórmula:

$$T = \frac{V \times 60 \times \Delta P}{R \times (D + 33)}$$

Donde:

- T = tiempo en segundos para que la presión de la cámara cambie 10 pies
 V = volumen interno de la cámara (o del compartimento que está siendo usado para la prueba) en pies cúbicos (p^3)
 R = proporción de ventilación deseada, en pies cúbicos por minuto como se midió a la presión de la cámara ($\text{p}^3/\text{min reales}$)
 ΔP = cambio en la presión de la cámara en pam
 D = profundidad en pam (profundímetro)

Ejemplo: Determine que tanto tomará para bajar la presión desde 170 a 160 pies en una cámara de 425 pies cúbicos si la válvula de escape está dejando salir 6 pies cúbicos de aire por minuto (medido a una presión de la cámara de 165 pies).

1. Lista de valores del ejemplo:

T = desconocido
V = 425 p³
R = 6 p³/min reales
P = 10 pam
D = 165 pam

2. Substituya los valores y resuelva para encontrar que tanto toma para que baje la presión:

$$T = \frac{425 \times 60 \times 10}{6(165 + 33)}$$

$$= 215 \text{ segundos}$$

$$T = \frac{215 \text{ seg}}{60 \text{ seg/min}}$$

$$= 3.6 \text{ minutos}$$

- b.** Aumente el vaciado de la presión de la cámara para 5 pies más allá de la profundidad en cuestión. Abra la válvula de escape y determine que tanto toma para llegar hasta 10 pies (ej., si está verificando para una profundidad de 165 pam, tome la presión de la cámara a 170 pies y mida el tiempo necesario para alcanzar 160 pies). Abra la válvula a diferentes ajustes hasta que pueda determinar que ajuste aproximarán al tiempo deseado. Registre el ajuste. Calcule el tiempo para otras proporciones y profundidades y determine los ajustes para estos tiempos de la misma manera. Haga una carta o tabla del ajuste de la válvula contra la proporción de ventilación y prepare un cálculo de ventilación, usando esta información y las reglas de ventilación.

21-5.4.2 Notas Sobre la Ventilación de la Cámara.

- Las reglas básicas de ventilación no intentan limitar la ventilación. Generalmente, si el aire es razonablemente abundante, por comodidad debe usarse más aire del especificado. Este incremento es deseable porque también fomenta la rebaja de las concentraciones de bióxido de carbono y oxígeno.
- Raramente hay peligro de tener demasiado poco oxígeno en la cámara. Aún sin ventilación y un alto nivel de CO₂, el oxígeno presente sería suficiente para largos períodos de tiempo.
- Estas reglas asumen que hay buena circulación de aire en la cámara durante la ventilación. Si la circulación es pobre, las reglas pueden ser inadecuadas. Localizando la entrada cerca de un extremo de la cámara y la salida cerca del otro extremo mejora la ventilación.
- Subiendo a la siguiente parada se reducen los pies cúbicos estándar de gas en la cámara y proporcionalmente reduce la cantidad de aire requerido para la ventilación.
- La ventilación continua es el método más eficiente de ventilación desde el punto de vista de la cantidad de aire requerida. Sin embargo, tiene como desventaja el exponer a los buzos en la cámara al constante ruido. A la muy alta proporción de ventilación requerida para respiración con oxígeno, este ruido puede alcanzar el nivel en el cual la

pérdida de audición llega a ser un peligro para los buzos en la cámara. Si ocurren altos niveles de ruido, especialmente durante proporciones de ventilación excepcionalmente altas, los ocupantes de la cámara deben usar protectores auditivos (disponibles como artículos de abastecimiento). Debe perforarse un pequeño agujero en la cavidad central del protector para que estos no produzcan un sello que pueda causar barotrauma de oído.

- El tamaño de la cámara no influye en la cantidad ($\text{p}^3/\text{min reales}$) de aire requerido para la ventilación.
- El incremento en la profundidad aumenta la masa real de aire requerido para ventilación; pero cuando la cantidad de aire es expresada en volumen como medida a la presión de la cámara, el incremento en la profundidad no hace que cambie el número de pies cúbicos reales requeridos.
- Si son usados bancos de alta presión para el suministro de la cámara, los cambios de presión en los cilindros pueden ser usados para verificar la cantidad de ventilación que está siendo proporcionada.

21-6 MANTENIMIENTO DE LA CAMARA

- 21-6.1** **Lista de Verificación Posterior al Buceo.** Para asegurarse que el equipo recibe el mantenimiento apropiado posterior al buceo y retorna a la prontitud operacional, ejecute la comprobación de la Lista de Verificación de la Cámara de Recompresión Posterior al Buceo, [Figura 21-14](#).
- 21-6.2** **Mantenimiento Programado.** Cada cámara de recompresión de la USN debe adherirse a los requerimientos del SMP y debe probarse con presión cuando se instala inicialmente, de allí en adelante a intervalos de 2 años, y después de una reparación o mantenimiento mayor. Esta prueba debe adherirse a los requerimientos del SMP y debe realizarse de acuerdo con la [Figura 21-15](#). La forma de la prueba completada debe ser retenida hasta que sea realizada otra prueba. Para una cámara instalada permanentemente, el removerla y reinstalarla constituye un mantenimiento mayor y requiere una prueba de presión. Para cámaras portátiles tales como las TRCS, SNDLRCS y FARCC, siga los procedimientos de operación después de mover la cámara antes de usarla con personal. Las válvulas de alivio de la cámara deben ser probadas de acuerdo con el Sistema de Mantenimiento Planeado para verificar su calibración. Cada válvula de alivio probada debe ser etiquetada para indicar la presión de calibración de la válvula, fecha de prueba y tipo de prueba. Después de cada uso o una vez al mes, lo que suceda primero, la cámara debe recibir el mantenimiento de rutina de acuerdo con la Lista de Verificación Posterior al Buceo. En este momento, deben hacerse las reparaciones menores y las refacciones usadas serán abastecidas de nuevo.
- 21-6.2.1** **Inspecciones.** A discreción de la actividad, pero como mínimo una vez al año, la cámara debe ser inspeccionada en el interior y en el exterior. Cualquier deposito de grasa, polvo u otra suciedad debe ser removida y, en las cámaras de acero, las áreas afectadas se repintarán.
- 21-6.2.2** **Corrosión.** La corrosión es removida mejor a mano o usando una rasqueta, teniendo cuidado de no excavar o dañar de otra manera la base de metal. El área corroída y una pequeña área alrededor deben entonces limpiarse para remover cualquier pintura y/o corrosión remanente.

Lista de Verificación de Cámara de Recompresión Posterior al Buceo	
Equipo	Iniciales
Suministro de Aire	
Todas las válvulas cerradas	
Bancos de aire recargados, medidos y la presión anotada	
Compresores con combustible y mantenidos de acuerdo al manual técnico/requerimientos SMP	
Mirillas y Puertas	
Mirillas verificadas por daños; reemplácelas según sea necesario	
Sellos de puertas verificados, reemplácelos según sea necesario	
Sellos de puertas ligeramente lubricados con lubricante aprobado	
Seguros de puertas y mecanismos de cierre verificados para una operación apropiada y los sellos de espigas que estén apretados	
Cámara	
Interior limpio con Detergente No-iónico (DNI) y agua dulce tibia	
Todas las cosas que no sean necesarias removidas de la cámara	
Cobertores limpios y cambiados	
Todo el material inflamable dentro de la cámara encerrado en contenedores resistentes al fuego	
Botiquín médico primario surtido según sea necesario	
Cámara ventilada	
Puerta exterior cerrada	
Canastilla para CO ₂ empacada	
Placas levantadas, área debajo de las placas limpia, placas reinstaladas	
Artículos de Apoyo	
Cronómetros revisados y re-ajustados	
<i>Manual de Buceo de la Marina de E.U.</i> , Procedimientos de Operación (PO), Procedimientos de Emergencia (PE), hoja de ventilación y lápiz disponible en escritorio del control	
Botiquín médico secundario surtido según sea necesario y almacenado	
Ropa de vestir limpia y almacenada	
Ingresar todos los datos en la bitácora de la cámara	
Bitácora de la cámara almacenada	

Figura 21-14. Lista de Verificación de Cámara de Recompresión Posterior al Buceo (hoja 1 de 2).

Lista de Verificación de Cámara de Recompresión Posterior al Buceo	
Equipo	Iniciales
Suministro de Oxígeno	
Mascarillas del SIRI removidas, limpiarlas de acuerdo con procedimientos actuales SMP, reinstaladas	
Todas las válvulas cerradas	
Sistema vaciado	
Cilindros de oxígeno para respiración presurizados totalmente	
Cilindros de repuesto disponibles	
Sistema libre de contaminantes	
Sistema de Escape	
Escape de una válvula: válvula cerrada	
Escape de dos válvulas: Válvulas interiores cerradas	
Escape de dos válvulas: Válvulas exteriores abiertas	
Eléctrico	
Todos los circuitos verificados	
Focos reemplazados según sea necesario	
Cubiertas de lámparas resistentes a la presión verificadas	
Todo la energía APAGADA	
Cableado verificado por desgastes	

Figura 21-14. Lista de Verificación de Cámara de Recompresión Posterior al Buceo (hoja 2 de 2).

21-6.2.3 **Pintura de las Cámaras de Acero.** Las cámaras de acero deben pintarse utilizando las especificaciones de pintura original y de acuerdo con los procedimientos aprobados por NAVSEA o NAVFAC. Deben utilizarse las siguientes pinturas en las cámaras de acero al carbón NAVSEA:

- En el interior:
 - Capa primaria NSN 8010-01-302-3608.
 - Capa de acabado blanco NSN 8010-01-302-3606.
- En el exterior:
 - Capa primaria NSN 8010-01-302-3608.
 - Capa exterior gris NSN 8010-01-302-6838 o blanca NSN 8010-01-302-3606.

Para las especificaciones de pintura original en las cámaras de acero NAVFAC refiérase a la Información de Apoyo de Operación y Mantenimiento (OMSI), documentación entregada con el sistema.

21-6.2.4 **Instrucciones del Proceso de Pintado de las Cámaras de Recompresión.** El pintado debe mantenerse al mínimo absoluto. Solamente las capas prescritas arriba son aplicadas. El Sistema de Comando Naval de la Marina sobre requisición publicará las Instrucciones del Proceso de Pintado de las Cámaras de Recompresión (NAVSEA-00C3-PI-001).

PRUEBA DE PRESIÓN PARA CÁMARAS DE RECOMPRESIÓN DE LA USN

NOTA

Todas las cámaras de recompresión estándar de la Marina de E. U. están restringidas a una presión de operación máxima de 100 psig, sin importar el rango de presión de diseño.

Se debe realizar una prueba de presión en cada una de las cámaras de recompresión de la Marina de E. U.:

- Cuando se instalen inicialmente
- Después de una reparación mayor
- En intervalos de 2 años en una localización dada

El desarrollo de la prueba y los resultados son anotados en un formato de Prueba de Aire y Prueba de Fugas en Cámaras de Recompreión de la Marina de E. U. ([Figura 21-15](#))

La prueba se realiza como se indica a continuación:

1. Presurice el compartimiento interno a 100 pam (45 psig). Utilizando agua jabonosa o una solución equivalente, verifique las fugas en todas las conexiones de los penetradores del casco de la cámara, mirillas, sellos de seguros, seguros de puerta (donde aplique), conexiones de las válvulas, uniones de tuberías y soldaduras de la cámara.
2. Marque todas las fugas. Despresurice el compartimiento y ajuste, repare o reemplace los componentes según sea necesario para eliminar las fugas.
 - a. Fugas en mirillas. Remueva la junta de la mirilla (reemplácela si es necesario), límpiela.

PRECAUCION

Los acrílicos de las mirillas no deben ser lubricados o estar en contacto con cualquier lubricante. Las mirillas de acrílico no deben estar en contacto con cualquier detergente volátil o detector de fugas (el detergente no-iónico será usado para pruebas de fugas). Cuando se reinstalen las mirillas, apriete los tornillos que las fijan solo hasta que el empaque se comprima de manera uniforme. No apriete demasiado el empaque.

- b. Fugas en soldaduras. Contacte a la autoridad técnica apropiada NAVSEA para una guía sobre la acción correctiva
3. Repita los pasos 1 y 2 hasta que todas las fugas hayan sido eliminadas.
4. Presurice el compartimiento a 225 pam (100 psig) y manténgalo durante 5 minutos.

ADVERTENCIA

No exceda el rango de presión máxima para el contenedor de presión.

5. Despresurice el compartimiento a 165 pam (73.4 psig). Manténgalo durante 1 hora. Si la presión cae por debajo de 145 pam (65 psig), localice y marque las fugas. Despresurice la cámara y repare las fugas de acuerdo con el paso 2 anterior y repita este procedimiento hasta que la presión final sea al menos 145 pam (65 psig).
6. Repita los pasos 1 al 5 dejando la puerta interior abierta y la puerta exterior cerrada. Haga otra prueba de fugas solamente a aquellas partes de la cámara que no se hayan probado previamente.

Figura 21-15. Prueba de Presión para Cámaras de Recompreión de la Marina de E. U. (hoja 1 de 3).

**PRUEBA DE FUGAS Y DE PRESION CON AIRE PARA CAMARAS DE RECOMPRESION
ESTANDAR DE LA MARINA DE E. U.
(Hoja 2 de 3)**

Barco/Plataforma/Instalación _____

Tipo de Cámara:

Instalación de Cámara de Recompresión – RCF5000 Acero de Doble Compartimiento
Instalación de Cámara de Recompresión – RCF6500 Recompresión Estándar USN de Doble Compartimento
Cámara de Recompresión Transportable (TRC) Sistema de Cámara (SNDLRC)
Cámara de Recompresión Transportada por Aire (FARCC) Otra* _____

PLACA DE DATOS

Fabricante _____

Fecha de Fabricación _____

Contrato/Dibujo N° _____

Máxima Presión de Operación _____

Fecha de la Última Prueba de Presión _____

Prueba Realizada por _____

(Nombre/Puesto)

1. Lleve a cabo una inspección visual de la cámara para determinar si está lista para la prueba

Cámara Satisfactoria _____ Iniciales del Realizador de la Prueba _____
Discrepancias de equipo de la cámara totalmente no operativo:

2. Cierre la puerta del compartimiento interno. Con la puerta del compartimiento exterior abierta presurice el compartimiento interno a 100 pam (45 psig) y verifique que los siguientes componentes no tengan fugas:
(Nota: Si la cámara tiene compartimiento médico, abra la puerta interior de este y cierre y asegure la puerta exterior.)

Verifique fugas del compartimiento interno Iniciales del Realizador de la Prueba

A. Penetradores y conexiones _____ Satisfactoria _____

B. Mirillas _____ Satisfactoria _____

C. Sellos de Puerta _____ Satisfactoria _____

D. Sellos de Espiga de Seguros de Puertas _____ Satisfactoria _____

E. Conexiones de Válvulas y Vástagos _____ Satisfactoria _____

F. Uniones de Tuberías _____ Satisfactoria _____

G. Soldadura de la Cámara _____ Satisfactoria _____

3. Aumente la presión del compartimiento interno a 225 pam (100 psig) y manténgalo durante 5 minutos.

Registro de la Prueba de Presión _____ Satisfactoria _____

(Nota: Deseche pequeñas fugas a esta profundidad).

Figura 21-15. Prueba de Presión para Cámaras de Recompresión de la Marina de E. U. (hoja 2 de 3).

**PRUEBA DE FUGAS Y DE PRESION CON AIRE PARA CAMARAS DE RECOMPRESION
ESTANDAR DE LA MARINA DE E. U.
(Hoja 3 de 3)**

4. Despresurice el compartimiento lentamente hasta 165 pam (73.4 psig). Cierre todas las válvulas de suministro y escape y manténgala durante 1 hora.

Hora de Inicio _____ Presión 165 pam

Hora de Término _____ Presión _____ pam

Si la presión cae por debajo de 145 psig localice y marque las fugas. Despresurice, repare y haga la prueba nuevamente al compartimiento interno.

Caída de Presión del Compartimiento Interno pasó Satisfactoria Iniciales del Realizador.

- Despresurice el compartimiento interno y abra la puerta. Asegúrela en posición abierta. Cierre la puerta del compartimiento exterior y asegúrela.

(Nota: Si la cámara tiene compartimento médico, cierre y asegure la puerta interior de este y abra la puerta exterior.)

6. Repita las pruebas de la sección 2, 3 y 4 anteriores cuando se encuentre de acuerdo con la sección 5. Pruebe por fugas solamente esas partes de la cámara no probadas en las secciones 2, 3 y 4.
 7. Verifique fugas del compartimiento externo Iniciales del Realizador de la Prueba

7. Verifique fugas del compartimiento externo Iniciales del Realizador de la Prueba

A. Penetradores y conexiones	<hr/>	Satisfactoria
------------------------------	-------	---------------

B. Mirillas

C. Sellos de Puerta _____ Satisfactoria

D. Sellos de Espiga de Seguros de puertas _____ Satisfactoria

E. Conexiones de Válvulas y Vástagos _____
Satisfactoria

F. Uniones de Tuberías

G. Soldadura de la Cámara _____ Satisfactoria

8. Prueba (manténgala por 5 minutos) a la Máxima Presión de Operación de la Cámara (100 psig).

Satisfactoria _____ Iniciales del Realizador de la Prueba

- #### 9. Prueba de Caída de Presión del Compartimiento Interno y Externo de la Cámara

Hora de Inicio _____ Presión 165 pam

Hora de Término _____ Presión _____ pam

La prueba de caída de presión del compartimiento interno y externo de la cámara pasó satisfactoriamente

Iniciales del Realizador de la Prueba

10. Todas las pruebas anteriores se han completado satisfactoriamente.

Director de Pruebas Fecha

Oficial de Buceo

Figura 21-15. Prueba de Presión para Cámaras de Recompresión de la Marina de E. U. (hoja 3 de 3).

21-6.2.5 **Cámaras de Acero Inoxidable.** Las cámaras de acero inoxidable tales como las TRCS y SNDLRCs no requieren superficies pintadas para resistencia a la corrosión, solo por propósitos cosméticos. El Sistema de Comando Naval de la Marina proporcionará bajo requisición la Instrucción de Proceso de Pintado de Cámaras de Recompresión de Acero Inoxidable

21-6.2.6 **Prevención del Fuego.** El único gran peligro en el uso de una cámara de recompresión es de fuego explosivo. El fuego puede extenderse 2 a 6 veces más rápido en una cámara presurizada que en condiciones atmosféricas por la alta presión parcial de oxígeno en la atmósfera de la cámara. Las siguientes precauciones deben tomarse para minimizar el riesgo de fuego:

- Mantenga el porcentaje de oxígeno de la cámara tan cerca de 21 por ciento como sea posible y nunca permita que el porcentaje de oxígeno exceda de 25 %.
- Remueva cualquier refacción o equipo que no esté conforme a los requerimientos estándar para el sistema eléctrico o que esté hecho de materiales inflamables. No permita rejillas, bancas o estantes de madera en la cámara.
- Use solamente colchones diseñados para cámaras hiperbáricas. Use Durett Product o colchones para submarino (NSN 7210-00-275-5878 ó 5874). Otros colchones pueden causar contaminación atmosférica. Los colchones deben estar forrados en cubiertas no-flamables. Use sabanas y fundas de almohada de algodón 100%. No ponga más ropa de cama que la necesaria para la comodidad del paciente. Nunca use mantas de lana o de fibras sintéticas por la posibilidad de producir chispas de la electricidad estática.
- La ropa utilizada por los ocupantes de la cámara debe estar hecha de algodón 100%, o una mezcla de algodón y poliéster resistente a la flama para cámaras equipadas con un extinguidor de fuego, fijo manual o sistema de supresión de fuego. Son aceptables los trajes de buceo hechos de 65% poliéster 35% algodón.
- Mantenga el aceite y los materiales volátiles fuera de la cámara. Si cualquiera ha sido usado, compruebe que la cámara esté completamente ventilada antes de la presurización. No ponga aceite sobre o en cualquier conexión o línea de alta presión. Si se derrama aceite en la cámara o pringa en cualquier superficie de la cámara o equipo, debe ser completamente removido. Si se requiere lubricante, use solamente aquellos aprobados y mencionados en el Manual Técnico de las Embarcaciones de la Marina (NTSM) NAVSEA S9086-H7-STM-000, Capítulo 262. Regularmente inspeccione y limpie los filtros y acumuladores de aire en las líneas de suministro de aire para proteger contra la introducción de aceite u otros vapores dentro de la cámara. No permita a nadie usar ropas aceitosas dentro de la cámara.
- No permita a nadie llevar materiales para fumar, cerillos, encendedores o cualquier material inflamable dentro de la cámara. Un señalamiento de ADVERTENCIA debe ponerse fuera de la cámara. Ejemplo:

ADVERTENCIA

Peligro de Fuego/Explosión. No se permiten cerillos, encendedores, instrumentos eléctricos o materiales inflamables dentro de la cámara.

21-6.2.6.1 Extinguidores de Incendio. Todas las cámaras de recompresión deben tener un medio de extinguir un fuego en el interior. Los ejemplos de protección contra fuego incluyen toallas mojadas, una cubeta con agua, extinguidores de fuego, sistema de manguera portátil o sistema de supresión/rocío. Refiérase al Manual de Certificación de Seguridad de Sistemas de Buceo e Hiperbáricos de la Marina de E.U. ([SS521-AA-MAN-010](#)) para requerimientos específicos de sistemas de protección contra fuego. Solamente son usados los extinguidores mencionados en la NAVSEA Lista Autorizada para Uso de la Marina (ANU).

21-7 PRUEBA DE PRESION PARA CANDIDATO A BUZO

Todos los candidatos a buzo de la Marina de E.U. estarán físicamente calificados de acuerdo con el *Manual del Departamento Médico*, Art. 15-66. Los candidatos deben también pasar una prueba de presión antes de que ellos sean elegibles para el entrenamiento de buceo. Esta prueba puede ser conducida en cualquier cámara de recompresión certificada de la Marina, a condición de que sea administrada por personal de cámara calificado.

21-7.1 Requerimientos del Candidato. El candidato debe demostrar la capacidad de igualar la presión en ambos oídos a una profundidad de 60 pam. El candidato habrá también pasado la prueba de selección de aptitud física de acuerdo con MILPERSMAN 1220-100, Exhibit 1.

21-7.2 Procedimiento.

- 1.** Los candidatos soportarán un examen físico de buceo de un Oficial Medico de la Marina de acuerdo con el *Manual del Departamento Médico*, Art. 15-102, y ser calificados para aguantar la prueba.
- 2.** Los candidatos y el tender entran en la cámara de recompresión y son presurizados a 60 pam con aire, a una velocidad de 75 pies/min o menor, como sea tolerado por los ocupantes.
- 3.** Si un candidato no puede completar el descenso, la cámara es parada y el candidato es colocado en el compartimento exterior para retornar a la superficie.
- 4.** Permanecen a 60 pam por lo menos 10 minutos.
- 5.** Ascienden a la superficie siguiendo los procedimientos de descompresión con aire estándar.
- 6.** Todos los candidatos permanecerán en la inmediación del sitio de la cámara por un mínimo de 15 minutos y en la instalación de la prueba por una hora. Los candidatos o tenders que deben retornar a su comando vía aérea deben proceder de acuerdo con el [Capítulo 9](#), párrafo 9-13.

21-7.2.1 Referencias.

- *Manual del Personal Militar Naval*, Art. 1220-100
- *Manual del Departamento Médico*, Art. 15-102

APÉNDICE 5A

Examen Neurológico

5A-1 INTRODUCCION

Este apéndice proporciona las guías sobre la evaluación de los accidentes de buceo previo al tratamiento. La [Figura 5A-1a](#) es una guía dirigida al personal no-médico para registrar los detalles esenciales y realizar un examen neurológico. Las copias de esta forma deben estar disponibles rápidamente. Mientras que su uso no es obligatorio, esta proporciona una ayuda útil para recoger información.

5A-2 VALORACION INICIAL DE LAS LESIONES DE BUCEO

Cuando se está usando la forma de la [Figura 5A-1a](#), la valoración inicial debe recoger la información necesaria para evaluación apropiada del accidente.

Cuando un buzo se reporta con una dolencia, debe recopilarse una historia del caso. Esta historia debe incluir factores que van desde el perfil del buceo hasta la evolución del problema médico. Si está disponible, la revisión del Registro de Salud del buzo y la Bitácora de Buceo ayudarán en el examen. Unas pocas preguntas clave pueden ayudar a determinar un diagnóstico preliminar y cualquier tratamiento inmediato que sea necesario. Si el diagnóstico preliminar muestra la necesidad de recompresión inmediata, proceda con la recompresión. Complete el examen cuando el paciente se estabiliza en la profundidad de tratamiento. Las preguntas típicas deben incluir lo siguiente:

- 1.** ¿Cuál es el problema/síntoma? Si el síntoma solo es dolor:
 - a.** Describa el dolor:
 - Agudo
 - Sordo
 - Palpitante
 - b.** ¿El dolor es localizado o más fuerte en un punto?
- 2.** ¿Ha hecho el paciente un buceo recientemente?
- 3.** ¿Cuál fue el perfil del buceo?
 - a.** ¿Cuál fue la profundidad del buceo?
 - b.** ¿Cuál fue el tiempo de fondo?
 - c.** ¿Qué equipo de buceo fue utilizado?
 - d.** ¿Qué tipo de trabajo se realizó?
 - e.** ¿Ocurrió algo inusual durante el buceo?
- 4.** ¿Cuántos buceos ha hecho el paciente en las últimas 24 horas?
 - a.** Perfil(es) de cualquier otro(s) buceo(s).

- 5.** ¿Cuándo notó primero los síntomas, antes, durante o después del buceo? Sí después del buceo, ¿qué tanto tiempo después de llegar a superficie?
- 6.** Si durante el buceo, ¿Notó el paciente los síntomas mientras descendía, en el fondo, o durante el ascenso?
- 7.** ¿Los síntomas han incrementado o disminuido de intensidad desde que se notaron primero?
- 8.** ¿Se han desarrollado síntomas adicionales desde que apareció el primero?
- 9.** ¿Ha tenido antes el paciente un síntoma similar?
- 10.** ¿Ha sufrido el paciente de enfermedad de descompresión o embolismo gaseoso en el pasado?
 - a.** Describa estos síntomas con relación al incidente anterior si es aplicable.

- 11.** ¿Tiene el paciente cualquier condición médica concurrente que pueda explicar los síntomas?

Para ayudar en la evaluación, revise el Registro de Salud del buzo, incluyendo, si está disponible, un examen neurológico de referencia, y la Carta o Bitácora de Buceo completa, si están disponibles rápidamente.

5A-3 VALORACION NEUROLOGICA

Hay varias maneras de realizar un examen neurológico. La información más rápida, pertinente a la lesión de buceo, se obtiene dirigiéndose al examen inicial de las áreas sintomáticas del cuerpo. Este se concentra sobre las funciones motoras, sensoriales y de coordinación. Si este examen es normal, la más productiva información se obtiene realizando un examen completo de lo siguiente:

- 1.** Estado mental
- 2.** Coordinación
- 3.** Funciones motoras
- 4.** Nervios craneales
- 5.** Sensorio
- 6.** Reflejos tendinosos profundos.

Los siguientes procedimientos son adecuados para un examen preliminar. La [Figura 5A-1a](#) puede utilizarse para registrar los resultados del examen.

LISTA DE VERIFICACION DE EXAMEN NEUROLOGICO

(Hoja 1 de 2)

(Ver el texto del Apéndice 5A para los procedimientos del examen y la definición de términos).

Nombre del Paciente: _____ Fecha/Hora: _____

Describa el dolor/entumecimiento: _____

HISTORIA

Tipo del último buceo realizado: _____ Profundidad: _____ Cuanto tiempo: _____

Número de buceos en las últimas 24 horas: _____

¿Cuándo notó los síntomas, antes, durante o después del buceo? _____

Si durante, ¿Mientras descendía, en el fondo o ascendiendo? _____

¿Los síntomas han incrementado o disminuido desde que los notó? _____

¿Han ocurrido otros síntomas desde que el primero fue notado? _____

Describalos: _____

¿Ha tenido antes síntomas similares? _____ Cuando: _____

ESTADO MENTAL/ESTADO DE LA CONCIENCIA

COORDINACION

Marcha: _____
Talón a Punta: _____
Romberg: _____
Dedo a Nariz: _____
Deslizamiento de Talón por Espinilla: _____
Movimiento Rápido: _____

NERVIOS CRANEALES

Sentido del Olfato (I): _____
Visión/Campo Visual (II): _____
Movimiento de Ojos, Pupilas (III, IV, VI): _____
Sensación Facial, Mordida (V): _____
Músculos de Expresión Facial (VII): _____
Audición (VIII): _____
Paladar, Sensación en Garganta (IX): _____
Vomito y Voz (X): _____
Encogimiento de Hombros (XI): _____
Lengua (XII): _____

FUERZA (Grado de 0 a 5) CUERPO SUPERIOR

Deltoides		_____ D	_____
Latisimus		_____ D	_____
Bíceps		_____ D	_____
Tríceps		_____ D	_____
Antebrazo		_____ D	_____
Manos		_____ D	_____

CUERPO INFERIOR Caderas

Flexión		_____ D	_____
Extensión		_____ D	_____
Abducción		_____ D	_____
Aducción		_____ D	_____

Rodillas

Flexión		_____ D	_____
Extensión		_____ D	_____

Figura 5A-1a. Lista de Verificación de Examen Neurológico (hoja 1 de 2).

LISTA DE VERIFICACION DE EXAMEN NEUROLOGICO

(Hoja 2 de 2)

REFLEJOS

(Grado: Normal, Hipoactivo, Hiperactivo, Ausente)

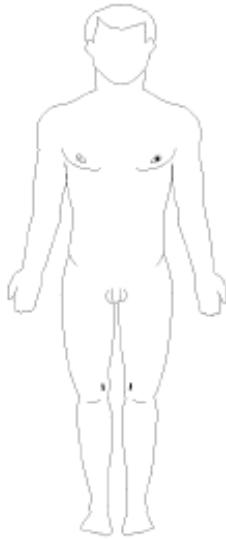
Bíceps I _____ D _____
Tríceps I _____ D _____
Rodillas I _____ D _____
Tobillos I _____ D _____

Tobillos
Flexión dorsal I _____ D _____
Flexión plantar I _____ D _____
Dedos de pies I _____ D _____

Examen Sensorial para Sensibilidad de la Piel

(Use el diagrama para registrar la localización de las anomalías sensoriales – entumecimiento, hormigueo, etc.)

LOCALIZACION



Indique los resultados como sigue:

- ||||| Area de Dolor
- ===== Sensibilidad
- ===== Disminuida



COMENTARIOS

Examen Realizado por: _____

Figura 5A-1b. Lista de Verificación de Examen Neurológico (hoja 2 de 2).

5A-3.1 **Estado Mental.** Esto se determina mejor cuando se ve al paciente la primera vez y es caracterizado por su estado de alerta, orientación y proceso del pensamiento. Obtenga una buena historia, incluyendo el perfil del buceo, los síntomas presentes y como han cambiado los síntomas desde su instalación. La reacción del paciente a estas preguntas y durante el examen neurológico, le dará al examinador una gran cantidad de información acerca de su estado mental. Es importante determinar si el paciente conoce el tiempo y el lugar, y si puede reconocer a gente familiar y entiende que está pasando. ¿Está el paciente del humor apropiado?

Después, el examinador puede determinar si la memoria del paciente está intacta preguntándole al paciente. Las preguntas deben ser razonables, y usted debe saber las respuestas. Preguntas tales como las siguientes pueden ser de gran ayuda:

- ¿Cuál es el nombre de tu Comandante?
- ¿Qué almorcaste?

Finalmente, si no surge un problema en la evaluación del estado mental, el examinador puede decidir valorar las funciones cognoscitivas más completamente. La función cognoscitiva es un proceso intelectual por el cual uno llega a ser consciente de percibir, o comprender ideas e involucra todos los aspectos de la percepción, pensamiento, razonamiento y memoria. Algunos métodos sugeridos de valoración de esta función son:

- Se le debe pedir al paciente que recuerde algo. Un ejemplo podría ser “bola roja, árbol verde y diván”. Infórmale que más tarde durante el examen, se le pedirá repetir esta información.
- Se le debe pedir al paciente que deletree una palabra, tal como “mundo”, hacia atrás.
- Se le debe pedir al paciente que cuente hacia atrás de siete en siete desde 100.
- Se le debe pedir al paciente que repita la información que se le pidió recordar al final del examen.

5A-3.2 **Coordinación (Función Cerebelar/Oído Interno).** Un buen indicador de la fuerza muscular y de la coordinación general, es observar como camina el paciente. Una marcha normal indica que muchos grupos musculares y las funciones cerebrales generales son normales. Un examen más completo involucra pruebas que se concentran en el cerebro y oído interno. En la realización de estas pruebas, ambos lados del cuerpo deben ser probados y los resultados deben ser comparados. Estas pruebas incluyen:

1. **De Talón a Punta.** La marcha en tandem es la prueba estándar del “conductor tomado”. Mientras mira al frente, el paciente debe caminar en línea recta, colocando el talón de uno de los pies directamente enfrente de la punta del otro pie. Los signos a mirar para considerar deficiencia incluyen:
 - a. ¿Cojea el paciente?
 - b. ¿Se tambalea el paciente o cae hacia un lado?
2. **Prueba de Romberg.** Con los ojos cerrados, el paciente parado con los pies juntos y los brazos extendidos hacia el frente, con las palmas hacia arriba. Note si el paciente puede mantener su balance o si inmediatamente cae hacia algún lado. Algunos examinadores recomiendan dar al paciente un pequeño empujón en cualquiera de los lados con la punta de los dedos.

3. **Prueba de Dedo a Nariz.** El paciente parado con los ojos cerrados y la cabeza hacia atrás, los brazos extendidos hacia los lados. Doblando el brazo por el codo, el paciente toca su nariz con un dedo índice extendido, alternando los brazos. Una extensión de esta prueba es tener al paciente con los ojos abiertos, alternando tocar su nariz con la punta de su dedo y entonces tocar la punta del dedo del examinador. El examinador cambiará la posición de su dedo cada vez que el paciente toca su nariz. En esta versión, la velocidad no es importante, pero la precisión sí.
4. **Prueba del Talón Deslizándolo por la Espinilla.** Estando sentado, el paciente toca con el talón de un pie la rodilla de la pierna opuesta, el pie apuntando hacia delante. Mientras mantiene el contacto, corre su talón hacia abajo por la espinilla hasta el tobillo. Cada pierna debe ser probada.
5. **Prueba de Movimiento Rápido Alternado.** El paciente palmea una mano sobre la palma de la otra, alternando la palma arriba y la palma abajo. Sin embargo, cualquier ejercicio que requiera movimiento de cambio rápido, será suficiente. De nuevo, ambos lados deben ser probados.

5A-3.3

Nervios Craneales. Los nervios craneales son los 12 pares de nervios que emergen desde la cavidad craneal a través de varias aberturas en el cráneo. Iniciando con el más anterior (al frente) sobre el tallo cerebral, son designados con números Romanos. Una lesión aislada de un nervio craneal es un hallazgo inusual en enfermedad de descompresión o embolismo gaseoso arterial, pero la deficiencia ocasionalmente ocurre y se debe probar por anomalías. Los nervios craneales deben ser rápidamente valorados como sigue:

- I. **Olfatorio.** El Nervio olfatorio, que proporciona nuestro sentido del olfato, usualmente no es probado.
- II. **Óptico.** El Nervio Óptico es para la visión. Su función está en el reconocimiento de luz y sombra y en la percepción de objetos. Esta prueba debe ser completada en un ojo a la vez para determinar si el paciente puede leer. Pregunte al paciente si tiene visión borrosa, pérdida de la visión, manchas en el campo visual o pérdida de la visión periférica (visión en túnel). Puede probarse con más detalle parándose enfrente del paciente y pidiéndole que se cubra un ojo y mire de frente a usted. En un plano medio entre usted y el paciente, lleve su dedo lentamente hacia arriba, abajo, a la derecha y a la izquierda de la dirección de la mirada hasta donde el paciente pueda verlo. Compare esto con lo que usted puede ver con el ojo equivalente. Si se presenta una deficiencia, haga un mapa aproximado de la posición de la mancha ciega, pasando la punta del dedo a través del campo visual.
- III. **Motor Ocular Común, (IV.) Patético, (VI.) Motor Ocular Externo.** Estos tres nervios controlan los movimientos del ojo. Los tres nervios pueden ser probados haciendo que los ojos del paciente sigan el dedo del examinador en las cuatro direcciones (cuadrantes) y luego hacia la punta de la nariz (provocando una mirada de "ojos cruzados"). El nervio motor ocular común puede ser probado adicionalmente poniendo una luz en un ojo a la vez. En una respuesta normal, las pupilas de ambos ojos se contraerán.
- V. **Trigémino.** El Nervio Trigémino gobierna las sensaciones de la frente, cara y el cierre de la mandíbula. También alimenta el músculo del oído (tensor timpánico) necesario para la audición normal. La sensibilidad es probada frotando ligeramente la frente, la cara y la mandíbula a cada lado con un dedo o con un aplicador de algodón.
- VII. **Facial.** El Nervio Facial controla los músculos de la cara. Estimula el cuero cabelludo, frente, párpados, los músculos de la expresión facial, mejillas y mandíbula. Es probado haciendo que el paciente sonría, mostrando sus dientes, silbe, arrugue su

frente y cierre sus ojos apretadamente. Los dos lados deben realizarse simétricamente. Debe observarse la simetría de los pliegues naso labiales (las líneas que van de la nariz a las comisuras de la boca).

- VIII. Auditivo.** El Nervio Auditivo controla la audición y el equilibrio. Se prueba este nervio cuchicheando al paciente, frotando los dedos o poniendo un diapasón cerca de los oídos del paciente. Compare esto con el otro oído.
- IX. Glosofaríngeo.** Los Nervios Glosofaríngeos transmiten las sensaciones del paladar y del área de la garganta. Alimenta los componentes sensoriales del reflejo del vómito y la contracción de la pared faríngea cuando se dice “ah”. Pruebe este nervio tocando la pared posterior de la garganta con un abatelenguas. Esto debe causar el reflejo del vómito. Este nervio normalmente no es probado.
- X. Vago.** El Nervio Vago tiene muchas funciones, incluyendo el control del paladar y cuerdas vocales. El examinador puede probar este nervio teniendo al paciente diciendo “ah” mientras observa como se eleva el paladar. Note el tono de la voz; la ronquera puede indicar también compromiso del nervio vago.
- XI. Espinal Accesorio.** El Nervio Espinal Accesorio controla el giro de la cabeza de lado a lado y el encogimiento de hombros contra resistencia. Se prueba este nervio haciendo que el paciente gire la cabeza de lado a lado. Se aplica resistencia colocando una mano contra el lado de la cabeza del paciente. El examinador debe notar que una lesión del nervio en un lado causará una incapacidad para girar la cabeza al lado opuesto o debilidad/ausencia de encogimiento del hombro en el lado afectado.
- XII. Hipogloso.** El Nervio Hipogloso gobierna la actividad muscular de la lengua. Una lesión de uno de los nervios hipoglosos causa desviación de la lengua hacia un lado cuando se saca de la boca.

5A-3.4 **Sistema Motor.** Un buzo con enfermedad de descompresión puede experimentar trastornos en el sistema muscular. El rango de síntomas puede ser desde una contracción ligera de un músculo hasta debilidad y parálisis. No importa que tan ligera sea la anormalidad, los síntomas que comprometen el sistema motor deben ser tratados.

5A-3.4.1 **Fuerza en las Extremidades.** Es común para un buzo con enfermedad de descompresión experimentar debilidad muscular. La prueba de fuerza en las extremidades está dividida en dos partes: cuerpo superior y cuerpo inferior. Todos los grupos de músculos deben ser probados y comparados con el grupo correspondiente del otro lado, también como con el examinador. La [Tabla 5A-1](#) describe con más detalle las pruebas de fuerza en las extremidades. La fuerza muscular está graduada (0-5) como sigue:

- (0) Parálisis.** No es posible el movimiento.
- (1) Debilidad Profunda.** Temblor momentáneo o trazas de contracción muscular.
- (2) Debilidad Severa.** Habilidad para contraer el músculo, pero no puede mover la articulación contra la gravedad.
- (3) Debilidad Moderada.** Capacidad de sobreponerse a la fuerza de la gravedad pero no a la resistencia del examinador.
- (4) Debilidad Ligera.** Capacidad para resistir ligera fuerza del examinador.
- (5) Normal.** Fuerza bilateral igual (ambos lados) y capacidad para resistir al examinador.

5A-3.4.1.1 *Extremidades Superiores.* Estos músculos son probados con resistencia proporcionada por el examinador. El paciente debe sobreponerse a la fuerza aplicada por el examinador. La Tabla 5A-1 describe las pruebas de fuerza de las extremidades. Los seis grupos de músculos probados en las extremidades superiores son:

1. Deltoides.
2. Latisimus.
3. Bíceps.
4. Tríceps.
5. Músculos del antebrazo.
6. Músculos de la mano.

5A-3.4.1.2 *Extremidades Inferiores.* La fuerza de las extremidades inferiores es valorada observando caminar al paciente sobre sus talones por una corta distancia y después sobre la punta de sus pies. El paciente debe entonces caminar en cuclillas (“marcha de pato”). Estas pruebas valoran adecuadamente la fuerza de las extremidades inferiores, también como el equilibrio y la coordinación. Si se desea un examen más detallado de la fuerza de las extremidades inferiores, la prueba debe realizarse en cada articulación, como en el brazo.

5A-3.4.2 *Talla Muscular.* Los músculos son inspeccionados visualmente y palpándolos, mientras están en reposo, por el tamaño y consistencia. Observe la simetría de la postura y del contorno muscular. Examine por contracciones musculares finas.

5A-3.4.3 *Tono Muscular.* Sienta el músculo en reposo y en la resistencia al movimiento pasivo. Observe y sienta por anormalidades en el tono, tales como espasticidad, rigidez o sin tono.

5A-3.4.4 *Movimientos Involuntarios.* La inspección puede revelar movimientos lentos, irregulares y espasmódicos, contracciones rápidas, tics o temblores.

5A-3.5 *Función Sensorial.* Las presentaciones comunes de la enfermedad de descompresión en un buzo, que pueden indicar disfunción de la médula espinal son:

- Dolor
- Entumecimiento
- Hormigueo (sensación de “piquetes de agujas”; también llamado parestésias)

5A-3.5.1 *Examen Sensorial.* Debe realizarse un examen de las facultades sensoriales del paciente. La Figura 5A-2a muestra las áreas dermatómicas (sensoriales) de sensibilidad de la piel que correlacionan con cada segmento de la medula espinal. Note que las áreas dermatómicas del tronco corren en un patrón circular alrededor del tronco. Las áreas dermatómicas en los brazos y piernas corren en un patrón más longitudinal. En un examen completo, cada segmento espinal debe ser probado por pérdida de la sensibilidad.

5A-3.5.2 *Sensaciones.* Las sensaciones fácilmente reconocidas por la mayoría de la gente normal son la discriminación punta/romo (para percibir por separado) y el toque ligero. En casos especiales es posible probar presión, temperatura y vibración. Sin embargo, la probabilidad de que la EDD afecte solo una sensación es muy pequeña.

Tabla 5A-1. Pruebas de Fuerza en las Extremidades.

Prueba	Procedimiento
Músculos Deltoides	El paciente eleva su brazo a un lado desde el hombro. El examinador coloca una mano sobre la muñeca del paciente y ejerce una fuerza hacia abajo que el paciente resiste.
Grupo Latisimus	El paciente eleva su brazo a un lado. El examinador coloca una mano en el lado inferior de la muñeca del paciente y resiste el intento del paciente por bajar su brazo.
Bíceps	El paciente dobla su brazo por el codo, hacia su pecho. El examinador agarra la muñeca del paciente y ejerce una fuerza para enderezar el brazo del paciente.
Tríceps	El paciente dobla su brazo por el codo, hacia su pecho. El examinador coloca su mano sobre el antebrazo del paciente y este trata de enderezar su brazo.
Músculos del Antebrazo	El paciente empuña la mano. El examinador agarra el puño del paciente y resiste mientras el paciente trata de doblar su muñeca hacia arriba y hacia abajo.
Músculos de la Mano	<ul style="list-style-type: none"> • El paciente agarra firmemente los dedos extendidos del examinador. • El paciente extiende su mano con los dedos abiertos. El examinador agarra dos de los dedos extendidos con dos de sus propios dedos y trata de apretar los dedos del paciente para juntarlos, notando la fuerza de resistencia del paciente.
Fuerza de las Extremidades Inferiores	<ul style="list-style-type: none"> • El paciente camina sobre sus talones por una corta distancia. Entonces el paciente gira y camina de regreso sobre las puntas de los pies. • El paciente camina en cucillas (marcha de pato). <p>Estas pruebas valoran adecuadamente la fuerza de las extremidades inferiores así como el equilibrio y la coordinación. Si se desea un examen más detallado de la fuerza de las extremidades inferiores, la prueba debe ser realizada en cada articulación como en el brazo.</p>
<i>En las siguientes pruebas, el paciente se sienta sobre una superficie sólida, tal como un escritorio, con los pies fuera del piso.</i>	
Flexión de Cadera	El examinador coloca su mano sobre el muslo del paciente para resistir cuando el paciente trata de elevar su muslo.
Extensión de Cadera	El examinador coloca su mano en el lado inferior del muslo del paciente para resistir cuando el paciente trata de bajar su muslo.
Abducción de Cadera	El paciente se sienta como arriba, con las rodillas juntas. El examinador coloca una mano sobre el lado externo de cada rodilla del paciente para aplicar resistencia. El paciente trata de abrir sus rodillas.
Aducción de Cadera	El paciente se sienta como arriba, con las rodillas separadas. El examinador coloca una mano en el lado interno de cada rodilla del paciente para aplicar resistencia. El paciente trata de juntar sus rodillas.
Extensión de Rodillas	El examinador coloca una mano sobre la espinilla del paciente para resistir cuando el paciente trata de enderezar sus piernas.
Flexión de Rodillas	El examinador coloca una mano en el lado trasero de la pantorrilla del paciente para resistir cuando el paciente trata de jalar su pantorrilla hacia atrás flexionando sus rodillas.
Flexión Dorsal del Tobillo (Capacidad para flexionar el pie hacia atrás).	El examinador coloca una mano en el dorso del pie del paciente para resistir cuando el paciente trata de elevar su pie flexionando el tobillo.
Flexión Plantar del Tobillo (capacidad para flexionar el pie hacia abajo)	El examinador coloca una mano en la planta del pie del paciente para resistir cuando el paciente trata de bajar su pie flexionando el tobillo.
Dedos de los Pies	<ul style="list-style-type: none"> • El paciente se para sobre las puntas de los pies por 15 segundos. • El paciente flexiona los dedos de sus pies con resistencia proporcionada por el examinador.

- 5A-3.5.3** **Instrumentos.** Un instrumento ideal para probar los cambios en la sensación es un objeto puntiagudo, tal como la rueda de agujas de Wartenburg o un alfiler de seguridad común. Cualquiera de estos objetos puede ser aplicado a intervalos. Evite rasgar o penetrar la piel. No es la intención de esta prueba causar dolor.
- 5A-3.5.4** **Probando el Tronco.** Mueva la rueda de agujas u otro objeto puntiagudo, bajando lentamente desde la parte alta del hombro, por el frente del torso, al área de la ingle. Otro método es recorriendo por la espalda hasta justo debajo de las nalgas. Debe preguntársele al paciente si siente un punto agudo y si lo ha sentido todo el tiempo. Pruebe cada dermatoma bajando por el tronco a cada lado del cuerpo. Pruebe el área del cuello de modo similar.
- 5A-3.5.5** **Probando los Miembros.** Al probar los miembros, es mejor un patrón circular. Pruebe cada miembro en cuando menos tres localizaciones, y note cualquier diferencia en las sensaciones de cada lado del cuerpo. En los brazos, rodee el brazo en el deltoides, debajo del codo y en la muñeca. Al probar las piernas, rodee el muslo, bajo la rodilla y en el tobillo.
- 5A-3.5.6** **Probando las Manos.** Las manos son probadas recorriendo el objeto agudo a través del dorso, palma de la mano y puntas de los dedos.
- 5A-3.5.7** **Marcando Anormalidades.** Si se encuentra un área con anormalidades, marque el área como un punto de referencia en la valoración. Algunos examinadores usan un marcador para trazar el área de disminución o incremento de la sensación sobre el cuerpo del paciente. Durante el tratamiento, estas áreas son probadas nuevamente para determinar si el área está mejorando. Un ejemplo de mejoría es en un área de entumecimiento que disminuye de tamaño.
- 5A-3.6** **Reflejos Tendinosos Profundos.** El propósito de probar los reflejos tendinosos profundos es para determinar si la respuesta del paciente es normal, no existe, es hipocoactiva (deficiente) o hiperactiva (excesiva). La respuesta del paciente debe ser comparada con las respuestas que el examinador ha observado antes. Debe notarse si las respuestas son iguales bilateralmente (ambos lados) y si los reflejos superiores e inferiores son similares. Si se nota cualquier diferencia en los reflejos, se debe preguntar al paciente si hay una condición médica o lesión anterior que podría causar la diferencia. Diferencias aisladas no deben ser tratadas, ya que es extremadamente difícil obtener respuestas simétricas bilateralmente. Para conseguir la mejor respuesta, golpee cada tendón con una igual y ligera fuerza, y con golpes repentinos y rápidos. Usualmente, si un reflejo tendinoso profundo es anormal debido a enfermedad de descompresión, habrá otros signos anormales presentes. Pruebe los reflejos del bíceps, tríceps, rodilla y tobillo golpeando el tendón como se describe en la [Tabla 5A-2](#).

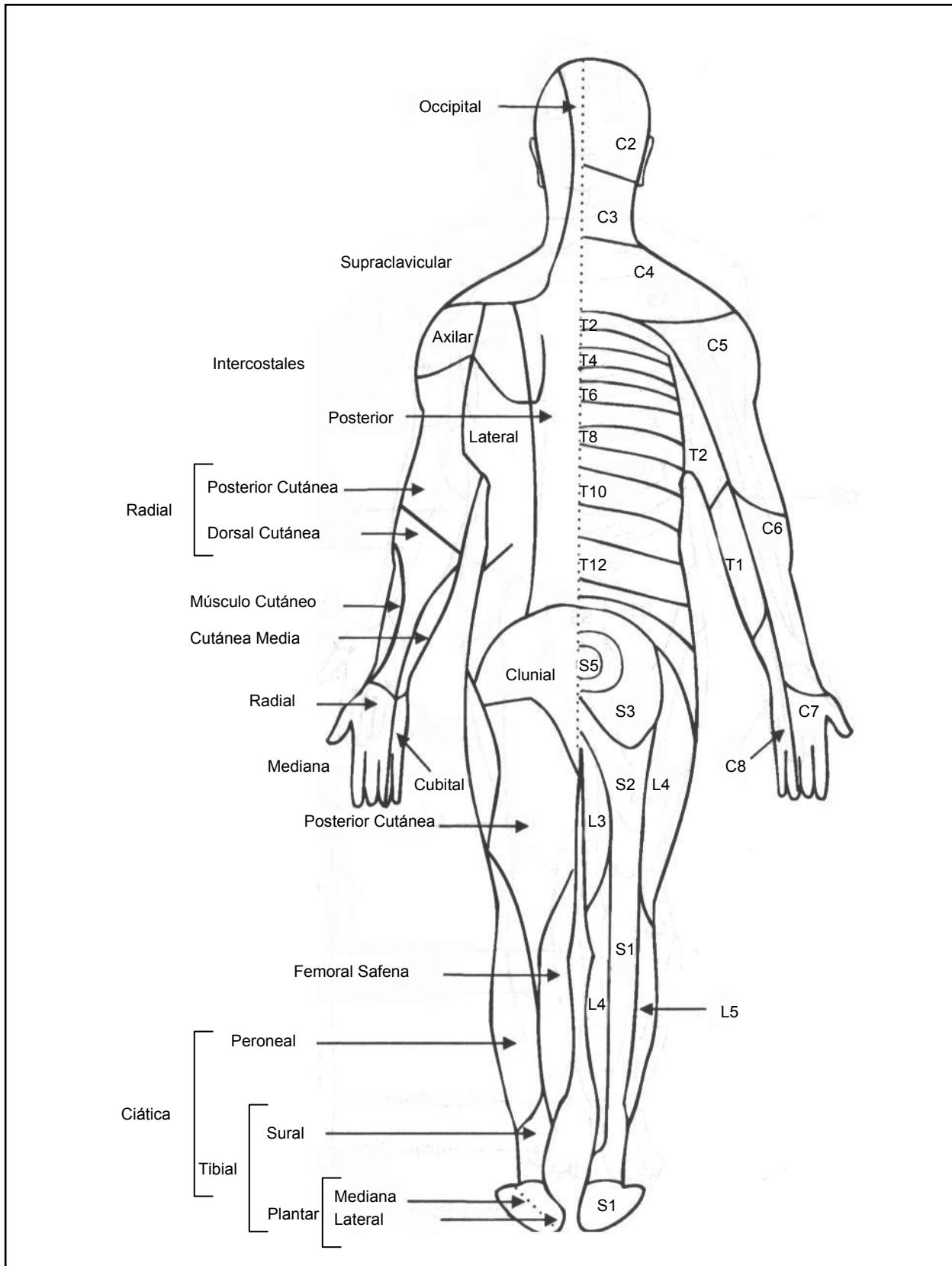


Figura 5A-2a. Áreas Dermatómicas Correlacionadas a los Segmentos de la Médula Espinal (hoja 1 de 2).

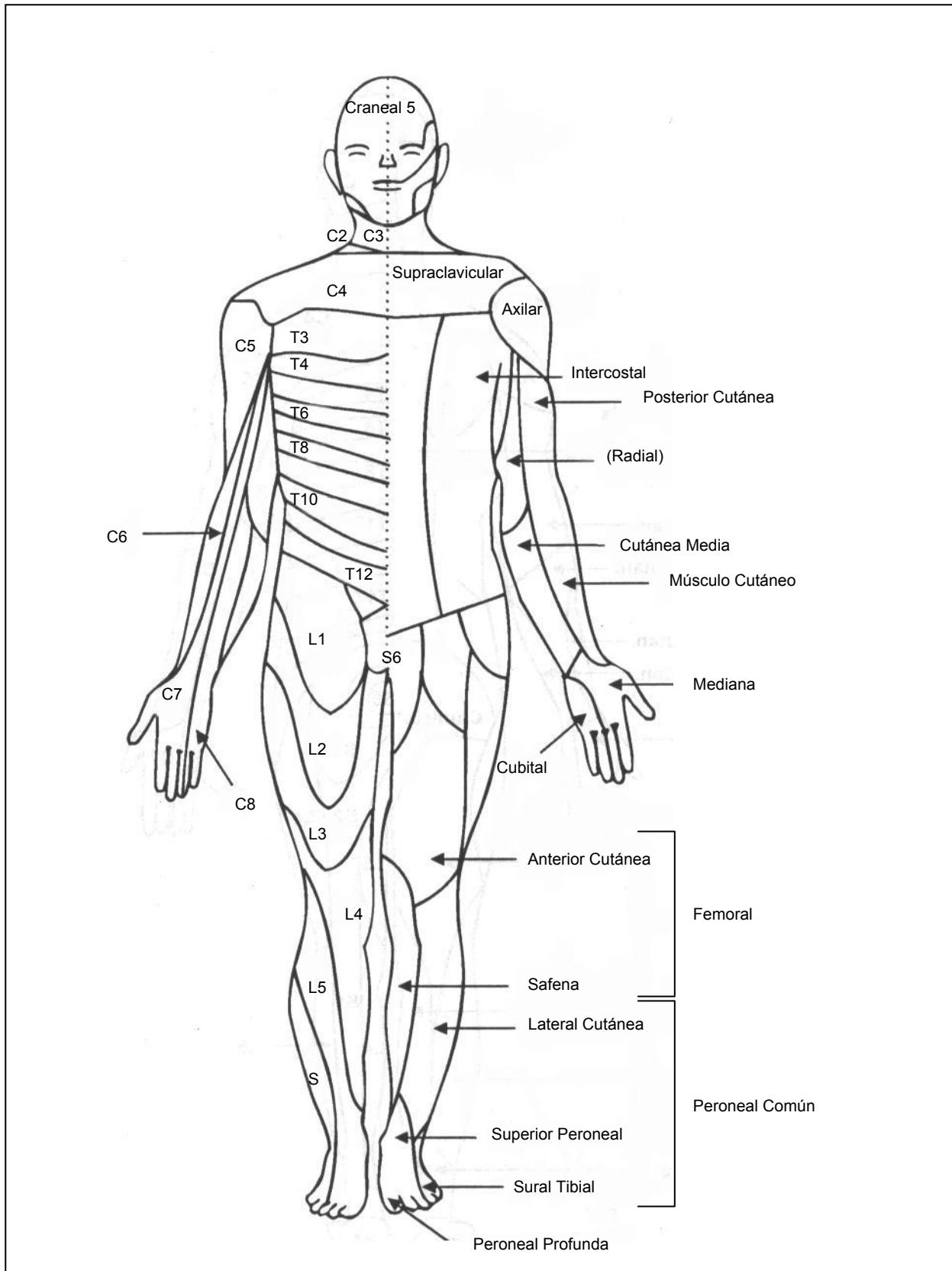


Figura 5A-2b. Areas Dermatómicas Correlacionadas a los Segmentos de la Médula Espinal (hoja 2 de 2).

Tabla 5A-2. Reflejos.

Prueba	Procedimiento
Bíceps	El examinador sostiene el codo del paciente con la mano del paciente descansando sobre el antebrazo del examinador. El codo del paciente debe estar ligeramente doblado y su brazo relajado. El examinador coloca su pulgar sobre el tendón del bíceps del paciente, localizado en el doblez del codo del paciente. El examinador golpea su pulgar con el martillo de percusión, sintiendo la contracción del músculo del paciente.
Tríceps	El examinador soporta el brazo del paciente por el bíceps. El brazo del paciente cuelga con el codo doblado. El examinador golpea con el martillo de percusión justo arriba del codo, sintiendo como el músculo se contrae.
Rodilla	El paciente se sienta sobre una mesa o banco, con sus pies fuera del piso. El examinador golpea las rodillas del paciente justo debajo de la rótula, sobre el tendón. El examinador observa la contracción del cuadríceps (músculo del muslo) y el movimiento de la parte inferior de la pierna.
Tobillo	El paciente se sienta como arriba. El examinador aplica ligera presión sobre las puntas de los dedos de los pies del paciente para estirar el tendón de Aquiles, sintiendo como los dedos se contraen cuando el tendón de Aquiles se acorta (se contrae).

Página en blanco intencionalmente

APENDICE 5B

Primeros Auxilios

5B-1 INTRODUCCION

Este apéndice, cubriendo la resucitación cardiopulmonar por un solo hombre, el control de sangrado y el tratamiento del choque, se intenta como una referencia rápida para individuos entrenados en primeros auxilios y soporte de vida básico. La descripción completa de todas las técnicas del soporte de vida básico está disponible por medio de la institución local afiliada a la Asociación Americana de Cardiología. La información adicional del control de sangrado y tratamiento del choque está en el *Hospital Corpsman 3 y 2 Manual*, NAVEDTRA 10669-C.

5B-2 RESUCITACION CARDIOPULMONAR

Todos los buzos deben estar calificados en resucitación cardiopulmonar (RCP) de acuerdo con los procedimientos de la Asociación Americana de Cardiología. La recertificación periódica, de acuerdo con las guías prevalecientes del soporte de vida básico, es obligatoria para todos los buzos de la Marina. El entrenamiento puede ser requerido a través del comando médico local o directamente en la institución local afiliada a la Asociación Americana de Cardiología.

5B-3 CONTROL DEL SANGRADO MASIVO

El sangrado masivo debe ser controlado inmediatamente. Si la víctima también requiere resucitación, los dos problemas deben ser manejados simultáneamente. El sangrado puede involucrar venas o arterias; la urgencia y método de tratamiento serán determinados en parte por el tipo y extensión del sangrado.

- 5B-3.1** **Hemorragia Arterial Externa.** El sangrado arterial normalmente puede ser identificado por la sangre rojo brillante, brotando hacia delante en chorros o borbotones que son sincrónicos con el pulso. La primera medida usada para el control de la hemorragia arterial externa es la presión directa sobre la herida.
- 5B-3.2** **Presión Directa.** Es mejor aplicar la presión con compresas estériles, colocadas directa y firmemente sobre la herida. Sin embargo, en una crisis, casi cualquier material puede ser utilizado. Si el material utilizado para aplicar la presión directa se empapa completamente con sangre, aplique arriba material adicional; no remueva la venda de presión original. El elevar la extremidad también ayuda a controlar el sangrado. Si la presión directa no puede controlar el sangrado, debe usarse en combinación con los puntos de presión.
- 5B-3.3** **Puntos de Presión.** El sangrado frecuentemente puede ser controlado temporalmente aplicando presión con la mano en los puntos de presión apropiados. Un punto de presión es un lugar donde la arteria principal de la parte lesionada pasa cerca de la piel y sobre un hueso. Aplique la presión en este punto con los dedos (presión digital) o con el talón de la mano; no se requieren materiales de primeros auxilios. El objeto de la presión es para comprimir la arteria contra el hueso, así se detiene el flujo de sangre desde el corazón hacia la herida.
- 5B-3.3.1** **Localización del Punto de Presión para la Cara.** Hay 11 puntos principales en cada lado del cuerpo donde puede usarse presión con la mano o dedos para parar hemorragias. Estos puntos se muestran en la [Figura 5B-1](#). Si el sangrado ocurre en la cara abajo del nivel de los ojos, aplique presión en el punto sobre la mandíbula. Este se muestra en la [Figura 5B-1](#) (A). Para encontrar este punto de presión, comience en el ángulo de la mandíbula y recorra

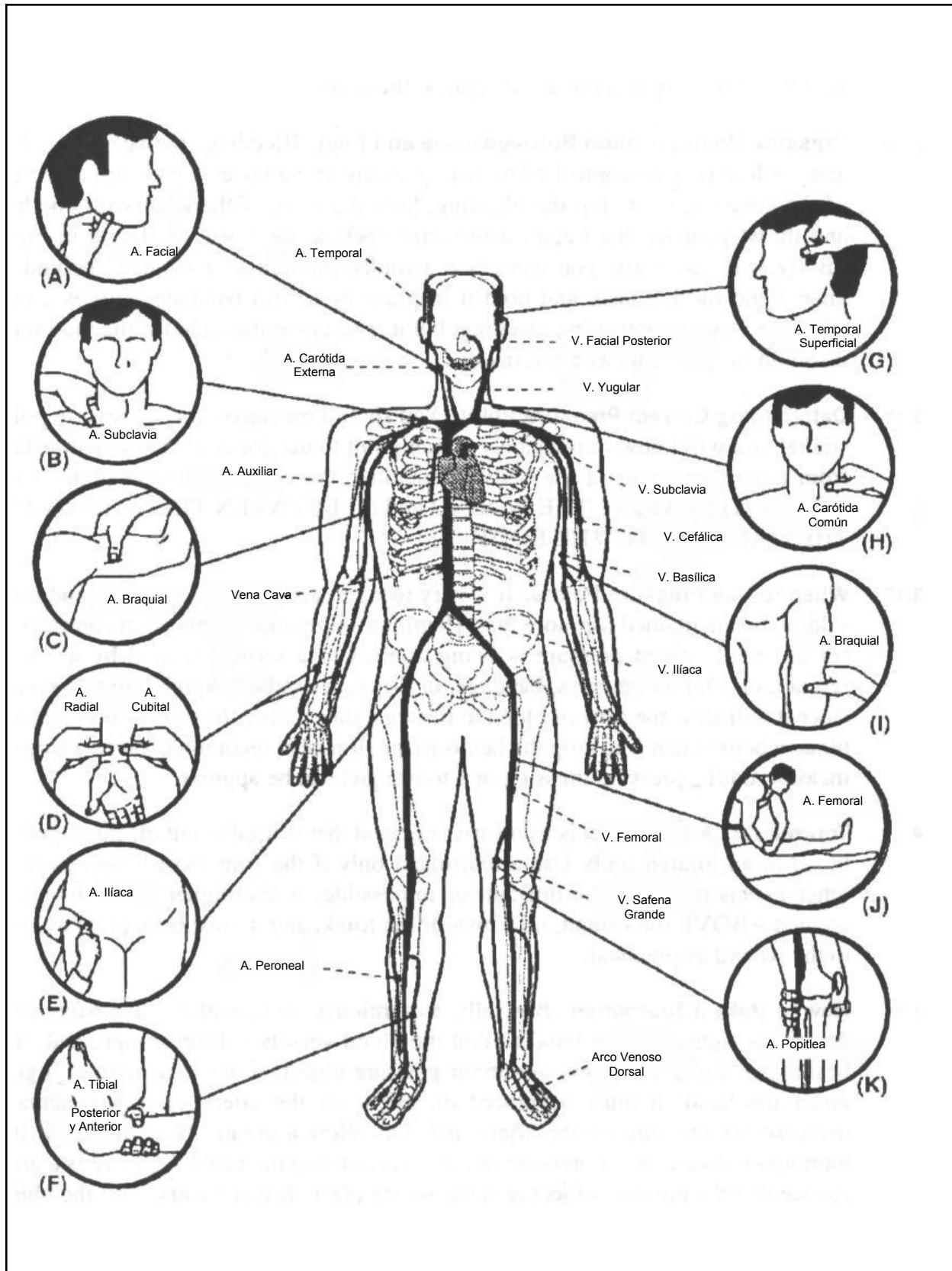


Figura 5B-1. Puntos de Presión.

sus dedos hacia delante por el borde de la mandíbula hasta que sienta una pequeña ranura. El punto de presión es en esta ranura.

- 5B-3.3.2 **Localización del Punto de Presión para Hombro o Parte Superior del Brazo.** Si el sangrado es en el hombro o en la parte superior del brazo, aplique presión con los dedos detrás de la clavícula. Se puede presionar hacia abajo contra la primer costilla o hacia delante contra la clavícula – cualquier clase de presión parará el sangrado. Este punto de presión se muestra en la [Figura 5B-1](#) (B).
- 5B-3.3.3 **Localización del Punto de Presión para el Centro del Brazo y la Mano.** El sangrado entre la mitad de la parte superior del brazo y el codo debe ser controlado aplicando presión digital en el lado interno (hacia el cuerpo) del brazo, más o menos a la mitad, entre el hombro y el codo. Esto comprime la arteria contra el hueso del brazo. La aplicación de presión en este punto es mostrada en la [Figura 5B-1](#) (C). El sangrado de la mano puede ser controlado con presión en la muñeca, como se muestra en la [Figura 5B-1](#) (D). Si es posible sostener el brazo arriba en el aire, el sangrado será relativamente fácil de parar.
- 5B-3.3.4 **Localización del Punto de Presión para el Muslo.** La [Figura 5B-1](#) (E) muestra como aplicar presión digital en la mitad de la ingle para controlar el sangrado del muslo. La arteria en este punto pasa sobre un hueso y bastante cerca de la superficie, así, la presión con los dedos puede ser suficiente para parar el sangrado.
- 5B-3.3.5 **Localización del Punto de Presión para el Pie.** La [Figura 5B-1](#) (F) muestra la posición apropiada para controlar el sangrado del pie. Como en el caso del sangrado en la mano, la elevación ayuda a controlar el sangrado.
- 5B-3.3.6 **Localización del Punto de Presión para la Sien o el Cuero Cabelludo.** Si el sangrado es en la región de la sien o en el cuero cabelludo, use sus dedos para comprimir la arteria principal para la sien contra el hueso del cráneo en el punto de presión justo al frente de la oreja. La [Figura 5B-1](#) (G) muestra la posición apropiada.
- 5B-3.3.7 **Localización del Punto de Presión para el Cuello.** Si el cuello está sangrando, aplique presión debajo de la herida, justo enfrente de la prominencia del músculo del cuello. Presione hacia dentro y ligeramente atrás, comprimiendo la arteria principal del lado del cuello contra los huesos de la columna vertebral. La aplicación de presión en este punto se muestra en la [Figura 5B-1](#) (H). No aplique presión en este punto a menos que sea absolutamente esencial, ya que hay gran peligro de presionar la tráquea y entonces se ahogará la víctima.
- 5B-3.3.8 **Localización del Punto de Presión para la parte Inferior del Brazo.** El sangrado de la parte inferior del brazo puede ser controlado aplicando presión en el codo, como se muestra en la [Figura 5B-1](#) (I).
- 5B-3.3.9 **Localización del Punto de Presión para la parte Superior del Muslo.** Como se mencionó antes, el sangrado en la parte superior del muslo algunas veces puede controlarse aplicando presión digital en la mitad de la ingle, como se muestra en la [Figura 5B-1](#) (E). Sin embargo, algunas veces es más efectivo usar el punto de presión del muslo superior como se muestra en la [Figura 5B-1](#) (J). Si se usa este punto, aplique presión con el puño cerrado de una mano y use la otra mano para dar presión adicional. La arteria de este punto está profundamente enterrada en uno de los músculos más gruesos del cuerpo, así que debe aplicarse una gran cantidad de presión para comprimir la arteria contra el hueso.
- 5B-3.3.10 **Localización del Punto de Presión Entre la Rodilla y el Pie.** El sangrado entre la rodilla y el pie puede ser controlado con firme presión de la rodilla. Si la presión al lado de la rodilla no para el sangrado, sostenga el frente de la rodilla con una mano y empuje fuerte su puño contra la arteria de atrás de la rodilla, como se muestra en la [Figura 5B-1](#) (K). Si es

necesario, puede colocar una compresa o venda doblada atrás de la rodilla, doblando la pierna hacia atrás y sosteniéndola en su lugar con un firme vendaje. Esta es la manera más efectiva de controlar el sangrado, pero no es cómoda para la víctima y debe usarse solamente como último recurso.

5B-3.3.11 **Determinación del Punto de Presión Correcto.** Usted debe memorizar estos puntos de presión, así sabrá inmediatamente que punto usar para controlar la hemorragia desde una parte particular del cuerpo. Recuerde, el punto de presión correcto es el que está (1) MAS CERCA DE LA HERIDA Y (2) ENTRE LA HERIDA Y LA PARTE PRINCIPAL DEL CUERPO.

5B-3.3.12 **Cuando Usar los Puntos de Presión.** Es muy cansado aplicar presión digital y raramente puede ser mantenida por más de 15 minutos. Los puntos de presión son recomendados para usarse mientras está siendo aplicada la presión directa a una herida grave por un segundo rescatador, o después de que ha sido aplicada a la herida una compresa o vendaje, ya que disminuirá el flujo de sangre al área, así, dando a la técnica de presión directa una mejor oportunidad de parar la hemorragia. También se recomienda como una medida de paro intermedia hasta que pueda ser aplicado un vendaje de presión o torniquete.

5B-3.4 Torniquete. Un torniquete es una banda constrictiva que es usada para cortar el suministro de sangre a un miembro lesionado. Use el torniquete solamente si el control de la hemorragia por otros medios llega a ser difícil o imposible. Un torniquete siempre debe ser aplicado ARRIBA de la herida, por ejemplo, hacia el tronco, y debe ser aplicado tan cerca de la herida como sea práctico.

5B-3.4.1 **Como Hacer un Torniquete.** Básicamente, un torniquete consiste de una almohadilla, una banda y un artículo para apretar la banda, de modo que los vasos sanguíneos se comprimirán. Es mejor usar una almohadilla, compresa u objeto de presión similar, si alguno está disponible. Va bajo la banda. Debe ser colocada directamente sobre la arteria o en realidad disminuirá la presión sobre la arteria y así permitirá un gran flujo de sangre. Si un torniquete colocado sobre un objeto de presión no para el sangrado, es muy probable que el objeto de presión esté mal colocado. Si esto ocurre, cambie el objeto alrededor hasta que el torniquete, cuando esté apretado, controlará el sangrado. Cualquier material largo y plano puede ser usado como banda. Es importante que la banda sea plana: cinturones, medias, tiras planas de hule o corbatas pueden ser usadas; pero cables, alambres, cuerdas o piezas de tela muy delgadas no deben ser usadas porque cortan la carne. Puede usarse un palo corto para torcer la banda apretando el torniquete. [La Figura 5B-2](#) muestra como aplicar el torniquete.

5B-3.4.2 **Apriete del Torniquete.** Para ser efectivo, un torniquete debe estar lo suficientemente apretado para parar el flujo de sangre arterial del miembro, así se asegura girando el torniquete apretando lo suficiente para parar el sangrado. Sin embargo, no lo haga más apretado que lo necesario.

5B-3.4.3 **Después de que el Sangrado está Bajo Control.** Despues de tener el sangrado bajo control con el torniquete, aplique una compresa o gasa estéril a la herida y colóquela en posición con un vendaje.

5B-3.4.4 **Puntos a Recordar.** Aquí están los puntos a recordar acerca del uso del torniquete:

1. No use un torniquete a menos que no pueda controlar el sangrado por cualquier otro medio.
2. No use un torniquete para sangrado de la cabeza, cara, cuello o tronco. Use este solamente en los miembros.

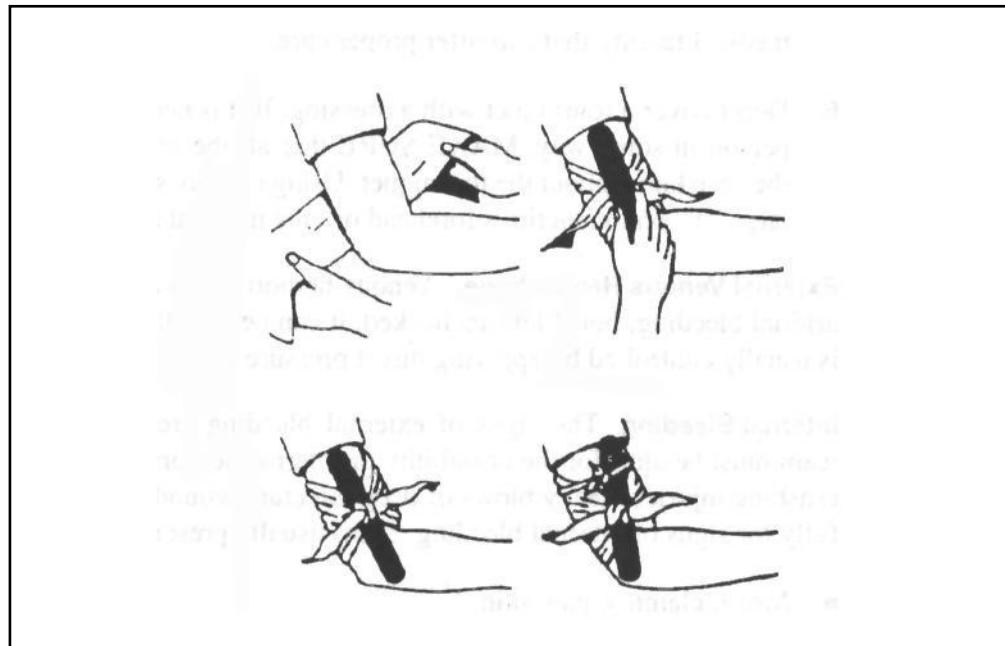


Figura 5B-2. Aplicación de un Torniquete

3. Siempre aplique un torniquete ARRIBA DE LA HERIDA y tan cerca de esta como sea posible. Como una regla general, no coloque un torniquete debajo de la rodilla o codo, excepto para amputaciones completas. En ciertas áreas distales de las extremidades, los nervios pasan cerca de la piel y pueden ser dañados por la compresión. Además, raramente se encuentra uno con sangrado distal para la rodilla o codo que requiera un torniquete.
4. Asegúrese de girar el torniquete apretando lo suficiente para detener el sangrado, pero no lo haga más apretado de lo necesario. El pulso más allá del torniquete debe desaparecer.
5. No afloje un torniquete después de haber sido aplicado. Transporte a la víctima a una instalación médica que pueda ofrecer la atención apropiada.
6. No cubra el torniquete con un vendaje. Si es necesario cubrir la persona lesionada de alguna manera, ASEGURE que todas las otras personas implicadas en el caso sepan acerca del torniquete. Usando un crayón, lápiz de piel o sangre, marque una gran "T" sobre la frente de la víctima o sobre una etiqueta médica fijada a la muñeca.

5B-3.5 Hemorragia Venosa Externa. La hemorragia venosa no es tan dramática como el sangrado arterial severo, pero si se deja, puede ser igual de serio. El sangrado venoso normalmente es controlado aplicando presión directa sobre la herida.

5B-3.6 Sangrado Interno. Los signos de sangrado externo son obvios, pero el equipo de primeros auxilios debe estar alerta por la posibilidad de hemorragia interna. Las víctimas sujetas a lesiones por aplastamiento, golpes opresivos o heridas punzantes profundas, deben ser observadas cuidadosamente por signos de sangrado interno. Los signos que se presentan usualmente incluyen:

- Piel húmeda, viscosa y pálida
- Pulso débil y muy rápido

- Presión sanguínea disminuida
- Debilidad o desvanecimiento real
- Sangre en excremento, orina o vómito

5B-3.6.1

Tratamiento del Sangrado Interno. El sangrado interno puede ser controlado solamente por personal médico entrenado y frecuentemente solo bajo condiciones hospitalarias. Los esfuerzos en el campo están generalmente limitados a remplazar el volumen de sangre perdido a través de infusión intravenosa de solución salina, Lactato de Ringer u otros fluidos, y la administración de oxígeno. La evacuación rápida a una instalación médica es esencial.

5B-4 ESTADO DE CHOQUE

El estado de choque ocurre con cualquier lesión y seguramente se presentará en algún grado con las lesiones graves. El choque es causado por una pérdida del flujo sanguíneo, resultando en una caída de la presión sanguínea y disminución de la circulación. Si no es tratada, esta disminución en la cantidad de flujo de sangre a los tejidos puede tener serios efectos permanentes, incluyendo la muerte.

5B-4.1

Signos y Síntomas de Choque. El choque puede reconocerse por los siguientes signos y síntomas.

- Respiración poco profunda, irregular y laboriosa
- Ojos vacíos (fijos), opacos, mirada cansada
- Pupilas dilatadas
- Cianosis (labios y uñas azules)
- Piel pálida o gris cenicienta; húmeda, viscosa y fría
- Pulso débil y rápido, o puede ser normal
- Presión sanguínea baja
- Posible vómito, náusea, hipo
- Sed

5B-4.2

Tratamiento. El choque debe ser tratado antes de cualquier otra lesión o condición excepto las obstrucciones de la respiración, circulación y el sangrado profuso. El tratamiento apropiado incluye la atención del paciente completo, no limitando la atención a solo pocos de los trastornos. Deben tomarse los siguientes pasos para tratar un paciente en choque.

1. Asegure una respiración adecuada. Si el paciente está respirando, mantenga una vía aérea adecuada inclinando la cabeza hacia atrás apropiadamente. Si el paciente no está respirando, establezca una vía aérea y restaure la respiración a través de algún método de resucitación pulmonar. Si la respiración y la circulación están detenidas, instituya las medidas de resucitación cardiopulmonar (refiérase al [párrafo 5B-2](#)).
2. Controle el sangrado. Si el paciente tiene una lesión sangrante, use los puntos de presión directa o un torniquete, como sea requerido (refiérase al [párrafo 5B-3](#)).

- 3.** Administre oxígeno. Recuerde que la reducción de la circulación causará una deficiencia de oxígeno. Administre oxígeno al 100%.
- 4.** Eleve las extremidades inferiores. Ya que el flujo de sangre al corazón y cerebro puede estar siendo disminuido, la circulación puede ser mejorada elevando las piernas ligeramente. No es recomendable que el cuerpo entero sea inclinado, ya que los órganos abdominales presionando contra el diafragma pueden interferir con la respiración. Las excepciones a la regla de elevar los pies son los casos de lesión en la cabeza y pecho, cuando es deseable bajar la presión en las partes lesionadas; en estos casos, la parte superior del cuerpo debe ser elevada ligeramente. Cuando hay cualquier duda acerca de la mejor posición, deje al paciente plano.
- 5.** Evite el manejo brusco. Maneje al paciente tan poco y tan suave como sea posible. El movimiento del cuerpo tiene una tendencia a agravar las condiciones del choque.
- 6.** Prevenga la pérdida de calor corporal. Mantenga al paciente caliente pero cuídalo del sobre calentamiento, el cual puede agravar el choque. Recuerde colocar un cobertor abajo también como arriba del paciente, para prevenir pérdida de calor hacia la tierra, bote o cubierta del barco.
- 7.** Mantenga al paciente acostado abajo. Una posición prona evita esfuerzos al sistema circulatorio. Sin embargo, algunos pacientes, tales como aquellos con trastornos cardíacos, tendrán que ser transportados en una posición semi-sentada.
- 8.** No le dé nada por la boca.

Página en blanco intencionalmente

A P E N D I C E 5 C

Animales Marinos Peligrosos

5C-1 INTRODUCCION

- 5C-1.1** **Objetivo.** Este apéndice proporciona información general sobre la vida marina peligrosa que puede encontrarse en las operaciones de buceo.
- 5C-1.2** **Alcance.** Está más allá del alcance de este manual el catalogar todos los tipos de encuentros marinos y sus lesiones potenciales. Quienes realizan la planeación deben consultar la lista de referencias recomendadas al final de este apéndice por información más definida. El personal médico es también una buena fuente de información y debe ser consultado antes de operar en aguas desconocidas. Un buen trabajo de conocimiento del ambiente marino debe impedir pérdidas de tiempo y lesiones graves.

5C-2 ANIMALES MARINOS DEPREDADORES

- 5C-2.1** **Tiburones.** Los ataques de tiburones a humanos no son frecuentes. Desde 1965, el número anual de ataques de tiburones registrado es solamente de 40 a 100 en todo el mundo. Estos ataques son imprevisibles y las lesiones pueden resultar no solo de mordeduras, sino también del contacto con la piel del tiburón. La piel del tiburón está cubierta con apéndices dentados muy filosos, llamados dentículos, los cuales están reforzados con centros parecidos a dientes. El contacto con la piel de tiburón puede conducir a abrasiones amplias y fuerte sangrado.
- 5C-2.1.1** **Comportamiento del Tiburón Previo al Ataque.** El comportamiento previo al ataque para la mayoría de los tiburones es algo más que predecible. Un tiburón preparándose para atacar nada con un movimiento exagerado, sus aletas pectorales apuntan hacia abajo en contraste a la usual posición extendida, y nada en círculos, disminuyendo el radio alrededor de la presa. Un ataque puede ser anunciado por aceleración inesperada u otros cambios en el comportamiento, postura o patrones de natación. Si los cardúmenes de pescado circundantes llegan a agitarse inexplicablemente, puede haber tiburones en el área. Los tiburones son mucho más rápidos y más poderosos que cualquier nadador. Todos los tiburones deben ser tratados con extremo respeto y precaución (ver [Figura 5C-1](#)).
- 5C-2.1.2** **Primeros Auxilios y Tratamiento.**
1. Las mordidas pueden resultar en gran cantidad de sangrado y pérdida de tejido. Tome inmediata acción para controlar el sangrado usando grandes vendajes de gasa a presión. Cubra la herida con capas de compresas compresivas preferiblemente hechas con gasas, pero fácilmente se hacen de playeras o toallas, y manténgalas en posición envolviendo la herida apretadamente con gasas, ropa rasgada, toallas o sabanas. La presión directa con elevación o compresión extrema sobre puntos de presión controlará casi todo sangrado grave. Los principales puntos de presión son: el punto del pulso de la arteria radial para la mano; arriba del codo bajo el músculo bíceps para el antebrazo (arteria braquial); y el área de la ingle con presión digital profunda o con el talón de la mano para el sangrado de la pierna (arteria femoral). Cuando el sangrado no puede ser controlado con la presión directa y elevación o puntos de presión, puede ser necesario un torniquete o ligadura para salvar la vida de la víctima aun considerando que hay la posibilidad de pérdida del miembro. Los torniquetes son aplicados solamente como un último recurso y con solo la suficiente presión para controlar el sangrado. No remueva el torniquete. El torniquete debe ser removido solamente por un médico en un hospital. El aflojar un torniquete puede causar choque adicional por liberación de toxinas en el sistema circulatorio desde el miembro lesionado y también por la continuación de pérdida de sangre.

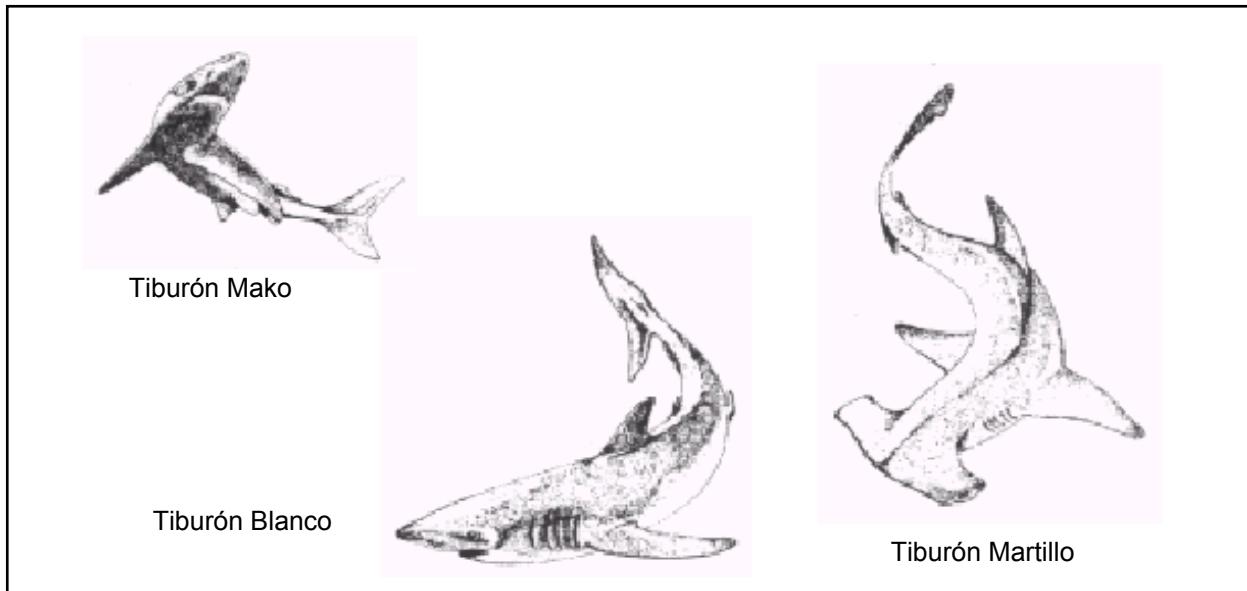


Figura 5C-1. Tipos de Tiburones.

2. Trate por choque acostando al paciente y elevando sus pies.
3. Si no hay personal médico disponible, inicie lactato de Ringer intravenoso (IV) o solución salina normal con una cánula de gran calibre (16 ó 18). Si la pérdida de sangre ha sido extensa, deben ser infundidos varios litros rápidamente. El color del paciente, el pulso y la presión sanguínea será usado como una guía para el volumen de líquido requerido. Mantenga una vía aérea y administre oxígeno. No de fluidos por la boca. Si el estado cardiovascular del paciente es estable, pueden ser administrados narcóticos en pequeñas dosis para aliviar el dolor. Observe estrechamente por evidencia de depresión respiratoria por el uso de narcóticos.
4. En los procedimientos de estabilización inicial se debe incluir la atención a las vías aéreas, la respiración y circulación, seguidos por una completa evaluación por trauma múltiple.
5. Transporte a la víctima a una instalación médica tan pronto como sea posible. Tranquilice al paciente.
6. Si es recuperado un miembro amputado, envuélvalo en vendas, huméctelo con solución salina, colóquelo en una bolsa de plástico y enfriélo, pero no en contacto directo con hielo. Transporte el miembro amputado con el paciente.
7. Limpie y desbride la herida tan pronto como sea posible en un hospital o ambiente controlado. Ya que los dientes de tiburón son cartilaginosos, no óseos, y pueden no aparecer con Rayos - X, debe realizarse una operación exploratoria para remover los dientes.
8. Considere la evaluación con Rayos – X por el potencial daño óseo debido a lesión por aplastamiento. Lesiones severas por aplastamiento pueden resultar en falla renal aguda debida a liberación de mioglobina desde el músculo lesionado, causando que la orina sea

de color pardo. Tenga estrechamente monitoreada la función renal y ajuste la terapia de fluidos IV apropiadamente.

9. Administre profilaxis antitetánica: Toxoide tetánico, 0.5 ml intramuscular (IM) e inmunoglobulina tetánica, 250 a 400 unidades IM.
10. Realice cultivos de las heridas infectadas para aerobios y anaerobios antes de instituir cobertura con antibióticos de amplio espectro; frecuentemente han sido reportadas infecciones secundarias con Clostridium y Vibrio species.
11. Puede ser necesaria la reparación quirúrgica aguda, cirugía reconstructiva y oxigenación hiperbárica (HBO), terapia coadyuvante para el mejoramiento de la oxigenación de los tejidos.
12. En los casos de disminución inexplicable en el estado mental u otros signos y síntomas neurológicos después de un ataque de tiburón mientras se bucea, considere como posible causa el embolismo gaseoso arterial o enfermedad de descompresión.

5C-2.2

Ballena Asesina (Orca). Las orcas viven en todos los océanos, tropicales y polares. Estas ballenas son grandes mamíferos con una despuntada y redondeada trompa y una alta aleta dorsal negra ([Figura 5C-2](#)). La cabeza y espalda negras como el azabache contrastan con el bajo vientre blanco como la nieve. Usualmente, puede verse un parche blanco detrás y arriba de los ojos. La orca es normalmente observada en manadas de 3 a 40 ballenas. Tiene poderosas mandíbulas, gran peso, velocidad y dientes entrelazados. Debido a su velocidad y hábitos carnívoros, este animal debe ser tratado con gran respeto. No ha habido registros de ataques a humanos.

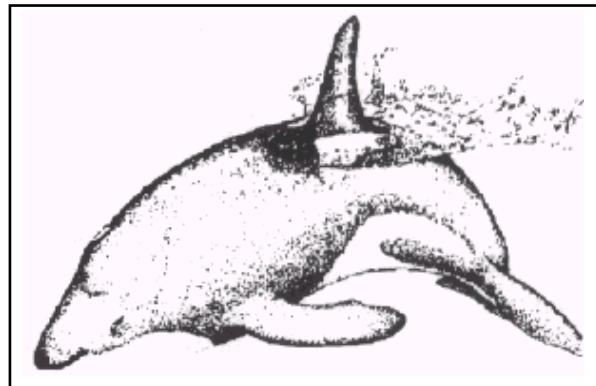


Figura 5C-2. Ballena Asesina (Orca).

5C-2.2.1

Prevención. Cuando las orcas aparecen, todo el personal debe salir inmediatamente del agua. Debe tomarse extremo cuidado en las áreas de la costa, muelles, barcazas, hielo flotante, etc., cuando las ballenas asesinas están en el área.

5C-2.2.2

Primeros Auxilios y Tratamiento. Los primeros auxilios y el tratamiento de las heridas seguirán los mismos principios generales de aquellos usados para una mordida de tiburón ([párrafo 5C-2.1.2](#)).

5C-2.3

Barracuda. Aproximadamente 20 especies de barracuda habitan los océanos desde las Indias Occidentales, las aguas tropicales desde Brasil a Florida y los océanos Indo-Pacífico desde el Mar Rojo a las Islas Hawaianas. La barracuda es un largo y delgado pez con prominentes quijadas y dientes, de color azul a plateado, con cabeza larga y cola en forma de

V (Figura 5C-3). Puede crecer hasta 10 pies de largo y es un rápido nadador, capaz de atacar rápida y ferozmente. Esta seguirá a los nadadores, pero rara vez ataca a un nadador subacuático. Se sabe que ataca a los nadadores en superficie y miembros colgando en el agua. Las heridas de barracuda pueden ser distinguidas de las de tiburón por el patrón de los dientes. Una barracuda deja heridas rectas o en forma de V, mientras las de tiburón son curvas, parecidas a la forma de sus mandíbulas. Es raro el ataque de barracuda que amenace la vida.

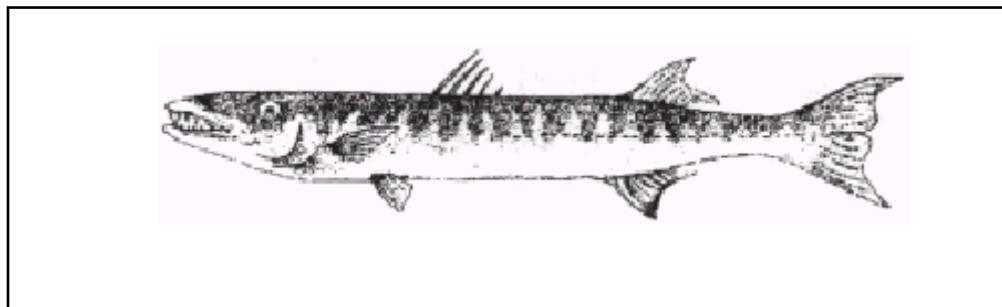


Figura 5C-3. Barracuda.

- 5C-2.3.1 **Prevención.** La barracuda es atraída por cualquier objeto brillante. Evite usar equipo brillante o joyería en aguas donde probablemente hay barracudas presentes. Evite llevar peces arponeados, la barracuda los atacará. Evite chapotear o tener colgado algún miembro en aguas infestadas de barracudas.
- 5C-2.3.2 **Primeros Auxilios y Tratamiento.** Los primeros auxilios y el tratamiento siguen los mismos principios generales usados para mordidas de tiburón (párrafo 5C-2.1.2). Las lesiones son probablemente menos graves que las lesiones por mordida de tiburón.
- 5C-2.4** **Morena.** Mientras que en algunas zonas templadas se conocen especies de morena, su hábitat principal es en aguas tropicales y subtropicales. Es un residente del fondo y se encuentra comúnmente en orificios y cuevas o bajo rocas y coral. Es parecida a una serpiente en apariencia y movimiento, y tiene aún, piel cuerda. (Figura 5C-4). Puede crecer hasta 10 pies y tiene dientes prominentes. Una morena es extremadamente territorial y los ataques frecuentemente resultan por introducirse en una cueva o hueco ocupado por la morena. Es una poderosa y viciosa mordedora y puede ser difícil de desprender después de que inició la mordida. Las mordidas de morena pueden variar desde pequeñas heridas punzantes múltiples a los desgarres, tipo aserrado, con sangrado profuso si ha habido forcejeo. Las lesiones usualmente son infligidas en las manos o antebrazos.
- 5C-2.4.1 **Prevención.** Se debe tener extremo cuidado cuando se penetra en cuevas o huecos. Evite provocar o intentar sacar una morena de su hueco.
- 5C-2.4.2 **Primeros Auxilios y Tratamiento.** Los primeros auxilios primarios deben detener el sangrado. La presión directa y la elevación de la extremidad lesionada casi siempre controlan el sangrado. Disponga para seguimiento médico. Las manos gravemente lesionadas deben ser evaluadas inmediatamente por un médico. Puede ocurrir envenenamiento moderado por una toxina liberada por la mucosa palatina en la boca de ciertas morenas. La naturaleza de esta toxina es desconocida. El tratamiento es de soporte. Siga los principios del manejo de heridas y profilaxis tetánico como en los cuidados por mordida de tiburón. Debe instituirse tempranamente la terapia con antibióticos. Pueden ser necesarios los cuidados especializados inmediatos de un cirujano de mano para la reparación de tendones y nervios por la prevención de daño permanente y pérdida de la función de la mano.

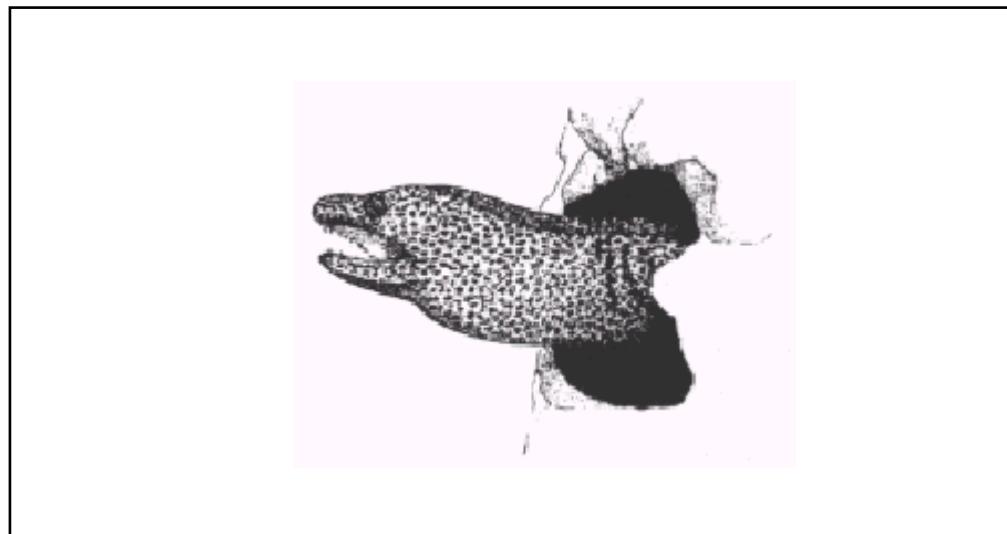


Figura 5C-4. Morena

5C-2.5 **Leones Marinos.** Los leones marinos habitan el Océano Pacífico y son numerosos sobre la Costa Oeste de los E.U. Se asemejan a una gran foca. Los leones marinos son normalmente inofensivos; sin embargo, durante la estación de crianza (de Octubre a Diciembre) grandes leones marinos toro pueden llegar a irritarse y morderán a los buzos. Los intentos de los buzos por tocar estos animales pueden resultar en mordeduras. Estas mordeduras tienen aspecto similar a las mordeduras de perro y raramente son graves.

5C-2.5.1 **Prevención.** Los buzos deben evitar estos mamíferos cuando están en el agua.

5C-2.5.2 **Primeros Auxilios y Tratamiento.**

1. Control local del sangrado.
2. Limpieza y desbridación de la herida.
3. Administración de la apropiada profilaxis antitetánica.
4. Son comunes las infecciones de las heridas y es aconsejable la terapia profiláctica con antibióticos.

5C-3 ANIMALES MARINOS VENENOSOS

5C-3.1 **Peces Venenosos (Excluyendo Pez Piedra, Pez Cebra y Pez Escorpión).** La identificación de un pez después de una picadura no siempre es posible; sin embargo, los síntomas y efectos del veneno no varían mucho. Los peces venenosos raramente son agresivos y usualmente el contacto es hecho parándose accidentalmente sobre el pez o agarrándolo. Las espinas de los peces muertos permanecen tóxicas (ver Figura 5C-5). El veneno es generalmente lábil al calor y puede ser descompuesto por el agua caliente. Los síntomas locales después de una picadura pueden incluir primero dolor severo, combinado más tarde con entumecimiento o aún hipersensibilidad alrededor de la herida. El sitio de la herida puede llegar a estar cianótico con los tejidos circundantes pálidos e inflamados. Los síntomas generales pueden incluir náusea, vómito, sudoración, fiebre moderada, dificultad respiratoria y colapso. El dolor inducido puede parecer desproporcionadamente alto para la aparente gravedad de la lesión. El personal médico debe estar preparado para reacciones anafilácticas graves por picaduras o envenenamiento aparentemente menores.

5C-3.1.1 **Prevención.** Evite el manejo de peces que se sospechen venenosos. Los peces venenosos se encuentran frecuentemente en huecos, cuevas o yacen bien camuflajeados sobre fondos rocosos. Los buzos deben estar alerta por su presencia y deben tener cuidado para evitarlos.

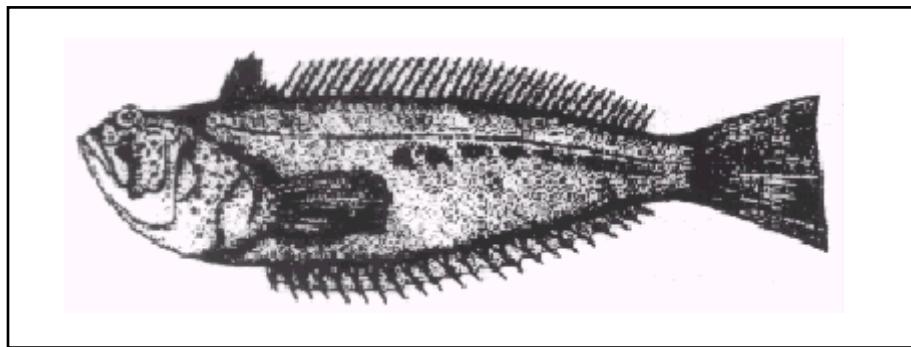


Figura 5C-5. Peces Venenosos. El mostrado es el weeverfish.

5C-3.1.2 Primeros Auxilios y Tratamiento.

1. Saque a la víctima del agua; observe por desvanecimiento.
2. Acueste al paciente y tranquilícelo.
3. Observe por signos de choque.
4. Lave la herida con agua fría salada o solución salina estéril. Puede ser requerida cirugía para abrir la herida punzante. La succión no es efectiva para remover esta toxina.
5. Remoje la herida con agua caliente por 30 a 90 minutos. El calor puede desactivar el veneno. El agua debe ser tan caliente como pueda tolerarla la víctima, pero no más caliente que 122°F (50°C). La inmersión en agua por arriba de 122°F (50°C) aunque sea por un breve período puede conducir a escaldamiento. La inmersión en agua hasta 122°F (50°C) debe ser por lo tanto breve y repetida como sea necesario. Use compresas calientes si la herida es sobre la cara. El añadir sulfato de magnesio (sales de Epson) al agua no ofrece beneficio.
6. Las inyecciones de gluconato de calcio, diazepam o metocarbamol pueden ayudar a reducir el espasmo muscular. La infiltración de la herida con xilocaina al 0.5 a 2.0 por ciento sin epinefrina ayuda a reducir el dolor. Si se usa por equivocación xilocaina con epinefrina, puede resultar necrosis local por la toxina y la epinefrina presentes en la herida. Los narcóticos pueden también ser necesarios para el manejo del dolor severo.
7. Limpie y desbride la herida. Las espinas y la vaina frecuentemente permanecen. Esté seguro de remover toda la vaina, ya que esta puede continuar liberando veneno.
8. Los torniquetes o ligaduras no son muy aconsejables. Use un antiséptico o antibiótico en pomada y gasas estériles. Restrinja el movimiento de la extremidad con tablillas para inmovilizar y vendas.
9. Administre la profilaxis antitetánica apropiada.

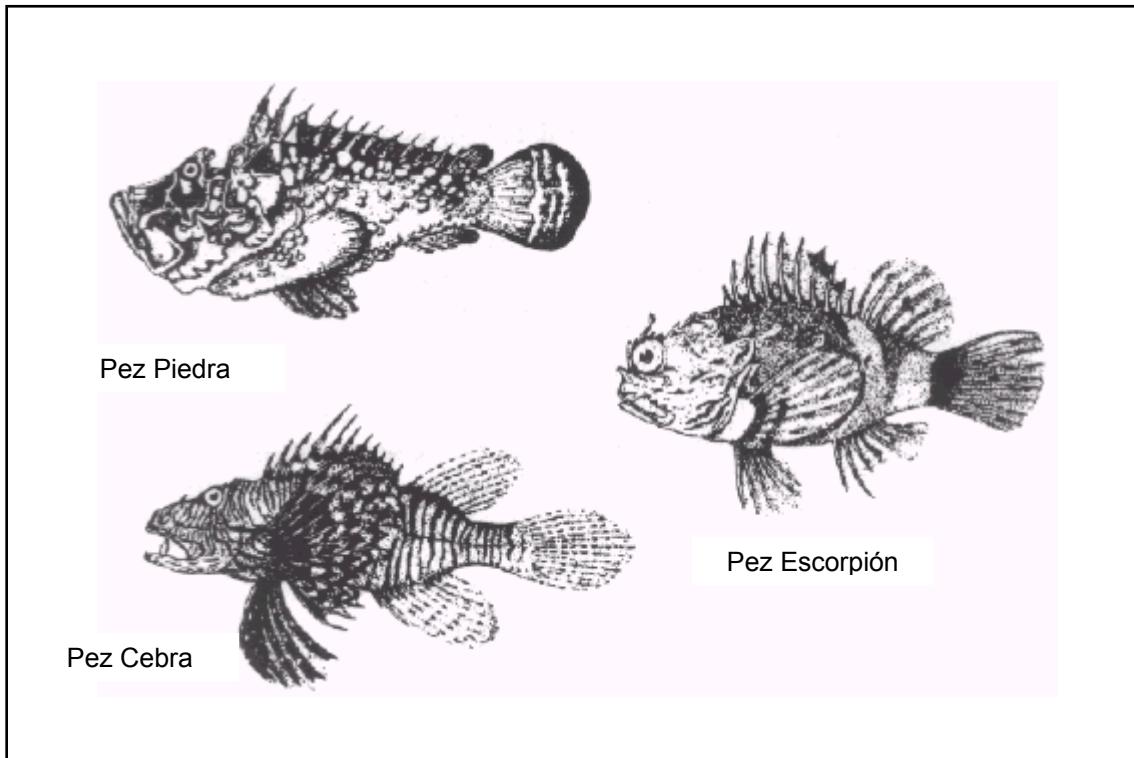


Figura 5C-6. Peces Altamente Tóxicos.

10. Trate profilácticamente con antibiótico tópico en pomada. Si ocurre retraso en el tratamiento, se recomienda cultivo de la herida antes de administrar antibióticos sistémicos.

5C-3.2

Peces Altamente Tóxicos (Pez Piedra, Pez Cebra, Pez Escorpión). Se ha tenido conocimiento de que las picaduras por pez piedra, pez cebra y pez escorpión han causado fatalidades. Mientras existen muchas similitudes entre estos peces y los peces venenosos de la sección previa, se ha incluido una sección separada por la gran toxicidad de su veneno y la disponibilidad de un antiveneno. El antiveneno es específico para el pez piedra pero puede tener algún efecto beneficioso contra el pez cebra y el pez escorpión. Los síntomas locales son similares al envenenamiento por los otros peces, excepto que el dolor es más severo y puede persistir por muchos días. Los síntomas generalizados se presentan frecuentemente y pueden incluir falla respiratoria y colapso cardiovascular. Estos peces están ampliamente distribuidos en mares templados y tropicales y en algunas aguas árticas. Residen en el fondo de aguas poco profundas. El pez piedra y el pez escorpión son aplanados verticalmente, oscuros y jaspeados. El pez cebra está ornamentado y emplumado en apariencia con parches alternados de color oscuro y claro (ver Figura 5C-6).

5C-3.2.1

Prevención. La prevención es la misma que para los peces venenosos ([párrafo 5C-3.1.1](#)).

5C-3.2.2

Primeros Auxilios y Tratamiento.

1. De los mismos primeros auxilios que los dados para peces venenosos ([párrafo 5C-3.1.2](#)).
2. Observe al paciente cuidadosamente por el posible desarrollo de complicaciones que amenacen la vida. El veneno es una proteína inestable que actúa como una miotoxina sobre el músculo esquelético, involuntario y cardiaco. Esto puede resultar en parálisis

muscular, depresión respiratoria, vasodilatación periférica, choque, disritmias cardiacas o paro cardiaco.

3. Limpie y desbride la herida.
4. El antiveneno es obtenible del Laboratorio Sérico del Estado, Melbourne, Australia (ver Referencia 4 al final de este apéndice por la dirección y número telefónico). Si se usa antiveneno, deben ser seguidas las instrucciones insertas en el paquete acompañante, con respecto a la dosis y pruebas de sensibilidad, y el médico debe estar listo para tratar por choque anafiláctico (reacción alérgica severa). En resumen, uno o dos piquetes requieren 2,000 unidades (una ampolla); tres a cuatro piquetes, 4,000 unidades (dos ampollas); y cinco a seis piquetes, 6,000 unidades (tres ampollas). El antiveneno debe ser aplicado por inyección intravenosa lenta, y la víctima monitoreada estrechamente por choque anafiláctico.
5. Instituya profilaxis antitetánica, terapia analgésica y antibióticos como se describió para otros piquetes de peces.

5C-3.3

Rayas. Las rayas son comunes en todas las regiones tropicales, subtropicales, cálidas y templadas. Usualmente se favorece en aguas protegidas y se esconderá en la arena, con solo los ojos y la cola expuestos. Tiene una figura parecida a un murciélago y una larga cola ([Figura 5C-7](#)). Se reportan anualmente aproximadamente 1,800 ataques de rayas en los E.U. La mayoría de los ataques ocurren cuando se vadea e inadvertidamente se topa con una raya, causando que de un latigazo defensivo con su cola. La espina está localizada cerca de la base de la cola. Las heridas son de laceración o tipo punzante, y son extremadamente dolorosas. La herida aparece inflamada y pálida con un borde azul. Es común la infección secundaria de la herida. Pueden estar presentes síntomas sistémicos, pudiendo incluir debilidad, náusea, vómito, sudoración, dificultad respiratoria y colapso cardiovascular.

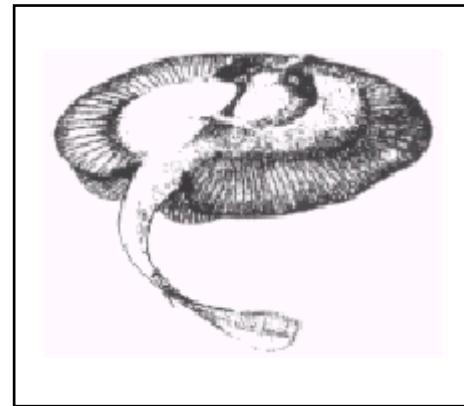


Figura 5C-7. Raya.

5C-3.3.1

Prevención. En aguas poco profundas, las cuales favorecen la habitación por rayas, arrastre los pies sobre el fondo y compruebe con un palo para alertar a las rayas y ahuyentárlas.

5C-3.3.2

Primeros Auxilios y Tratamiento.

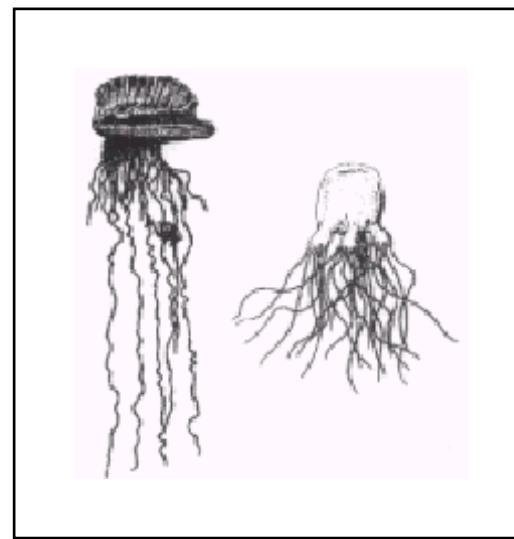
1. De los mismos primeros auxilios que se dan para los peces venenosos ([párrafo 5C-3.1.2](#)). No hay antiveneno disponible.
2. Instituya terapia con agua caliente como se describió para envenenamiento por peces.
3. Limpie y desbride la herida. La remoción de la espina puede lacerar adicionalmente los tejidos, debido a las púas retro punteadas. Asegure de remover la funda intergumental, ya que puede continuar liberando toxina.
4. Observe al paciente cuidadosamente por el posible desarrollo de complicaciones que amenacen la vida. Los síntomas pueden incluir disritmias cardiacas, hipotensión, vómito, diarrea, sudoración, parálisis muscular, depresión respiratoria y paro cardiaco. Han sido reportadas fatalidades ocasionalmente.

5. Instituya profilaxis antitetánica, terapia analgésica y antibióticos de amplio espectro como se describió para el envenenamiento por peces.

5C-3.4

Celenterados. Los tipos de celenterados peligrosos incluyen: Portuguesa, sea wasp o box jellyfish, ortiga marina, sea blubber, anémona y anémona rosada ([Figura 5C-8](#)). Las aguamalas varían ampliamente en color (azul, verde, rosa, rojo, café) o pueden ser transparentes. Parecen ser globos flotando con los tentáculos colgando dentro del agua. La lesión ardorosa más común es la picadura de aguamala. La aguamala puede entrar en contacto directo con el buzo en virtualmente cualquier región oceánica, en todo el mundo. Cuando esto pasa, el buzo está expuesto a literalmente miles de diminutos órganos irritantes de los tentáculos llamados nematocistos. La mayoría de las picaduras de aguamala resultan solamente en dolor local intenso e irritación de la piel.

La sea wasp o box jellyfish y la portuguesa son los tipos más peligrosos. La avispa de mar o box jellyfish (encontrada en el Indo-Pacífico) puede inducir a la muerte en 10 minutos por colapso cardiovascular, falla respiratoria y parálisis muscular. También han sido reportadas muertes por picadura de Portuguesa. Aunque la intoxicación por ingestión de anémonas venenosas es rara, las anémonas no deben comerse.



5C-3.4.1

Prevención. No manipular las aguamalas. Las varadas o aparentemente muertas pueden continuar siendo capaces de irritar. Aún las toallas o ropa contaminadas con los nematocistos irritantes, pueden causar escozor meses después.

5C-3.4.2

Evitando los Tentáculos. En algunas especies de aguamalas, los tentáculos pueden arrastrarse por grandes distancias, horizontal o verticalmente en el agua y no son fáciles de ver por el buzo. Los nadadores y buzos deben evitar aproximarse a las aguamalas para prevenir el contacto con sus tentáculos, especialmente cuando están cerca de la superficie.

5C-3.4.3

Protección Contra las Aguamalas. Deben usarse trajes húmedos, fundas para el cuerpo o ropa protectora cuando se bucea en aguas donde son abundantes las aguamalas. El gel de petróleo, aplicado en la piel expuesta (ej., alrededor de la boca) ayuda a prevenir la irritación, pero debe tenerse precaución al utilizar el gel de petróleo, ya que puede deteriorar los productos de hule.

5C-3.4.4

Primeros Auxilios y Tratamiento. Sin frotar, remueva delicadamente cualquier tentáculo remanente usando una toalla o trapo. Para prevenir cualquier descarga adicional del nematocisto irritante, use vinagre (ácido acético diluido) o una solución de ácido acético al 3 a 10 por ciento. Una solución acuosa de 20 por ciento de sulfato de aluminio y 11 por ciento de surfactante (detergente) es moderadamente efectiva, pero el vinagre trabaja mejor. No use alcohol o preparaciones que contengan alcohol. Las mezclas de espíritus metilados o metanol, alcohol al 100% y alcohol con agua salada, han demostrado que causan una descarga masiva de los nematocistos. Además, estos compuestos pueden también empeorar la reacción inflamatoria de la piel. El ácido pícrico, la orina humana y el agua dulce también se ha encontrado que no son efectivos o aún descargan nematocistos y no deben ser usados. El

Figura 5C-8. Celenterados. Los celenterados peligrosos incluyen la Portuguesa (izquierda) y la Avispa de Mar (derecha).

frotar con arena o la aplicación de alimentos que contienen papaína no son efectivos y pueden conducir a descarga adicional de nematocistos y no deben ser usados. Ha sido sugerido que el alcohol isopropílico (frotado) puede ser efectivo. Solo debe ser utilizado si el vinagre o el ácido acético diluido no están disponibles.

5C-3.4.5 **Tratamiento Sintomático.** El tratamiento sintomático puede incluir terapia con esteroides tópica, pomada anestésica (xilocaina al 2%) loción antihistamínica, antihistamínicos sistémicos o analgésicos. No deben ser usadas preparaciones anestésicas de benzocaina tópica porque pueden causar sensibilización y reacciones en la piel posteriormente.

5C-3.4.6 **Anafilaxia.** Puede resultar anafilaxia (reacción alérgica grave) de la picadura de aguamala.

5C-3.4.7 **Antiveneno.** Hay disponible el antiveneno para neutralizar los efectos de la sea wasp o box jellyfish (*Chironex fleckeri*). El antiveneno debe ser administrado lentamente por vía intravenosa, con una técnica de infusión si es posible. Las inyecciones IM deben ser administradas solamente si el método IV no es factible. Un contenedor (vial) de antiveneno para sea wasp debe ser usado por vía IV y tres contenedores si se inyecta por vía IM. Cada contenedor de antiveneno tiene 20,000 unidades y es para ser refrigerado, no congelado, a 36-50°F (2-10°C). La reacción de sensibilidad al antiveneno debe ser tratada con una inyección subcutánea de Epinefrina (0.3 cc de dilución 1:1,000), corticoesteroides y antihistamínicos. Trate cualquier hipotensión (baja presión sanguínea severa) con expansores de volumen IV y medicamentos para la presión como sea necesario. El antiveneno puede ser obtenido en el Laboratorio Sérico del Estado, Melbourne, Australia (ver referencia 4 por la dirección y número telefónico).

5C-3.5 **Coral.** El coral, una formación porosa parecida a una roca, se encuentra en aguas tropicales y subtropicales. El coral es extremadamente cortante y el coral más delicado es frecuentemente el más peligroso por sus bordes filosos como navaja de afeitar. Los cortes de coral, usualmente superficiales, toman largo tiempo para sanar y pueden causar incapacidad temporal. El corte más pequeño, si se deja sin tratar, puede desarrollarse en úlcera de la piel. Las infecciones secundarias ocurren frecuentemente y pueden ser reconocidas por la presencia de una roja y sensible área alrededor de la herida. Todo corte por coral debe recibir atención médica. Algunas variedades de coral pueden realmente picar a un buzo, ya que el coral es un celenterado parecido a las aguamalas. Algunos de los corales blandos del género *Palythoa*, se ha encontrado recientemente que contienen el veneno más mortal conocido por el hombre. Este veneno se encuentra dentro del cuerpo del organismo y no en los nematocistos irritantes. La secreción viscosa de este coral puede causar una seria reacción en la piel (dermatitis) o aún ser fatal si se expone a una herida abierta. No hay antídoto conocido.

5C-3.5.1 **Prevención.** Se debe tener extremo cuidado cuando se trabaja cerca de corales. Frecuentemente el coral está localizado en un arrecife sujeto a la fuerte acción del agua en la superficie, a la corriente de la superficie y a la corriente del fondo. El oleaje también se desarrolla en las áreas de arrecife. Por esta razón, es fácil para los buzos ignorantes extenderse o caerse a través del coral con consecuencias graves. Esté preparado.

5C-3.5.2 **Protección Contra el Coral.** El coral no debe ser manejado con las manos descubiertas. Los pies deben estar protegidos con botas, zapatos para coral o tenis. Deben usarse trajes húmedos y ropa de protección, especialmente guantes (de neopreno o de trabajo rudo) cuando se está cerca del coral.

5C-3.5.3 **Primeros Auxilios y Tratamiento.**

1. Control local del sangrado.

2. Rápidamente limpie con peróxido de hidrógeno o solución de povidone-iodine (Isodine) al 10% y desbride la herida, removiendo todas las partículas extrañas.
3. Cubra con vendaje limpio.
4. Administre profilaxis antitetánica como sea apropiado.
5. El antibiótico tópico en pomada ha demostrado ser muy efectivo en la prevención de infecciones secundarias. Las heridas de coral irritantes pueden requerir manejo sintomático, tal como terapia con esteroides tópicos, antihistamínicos sistémicos y analgésicos. En casos severos, restrinja al paciente a reposo en cama con elevación de las extremidades, vendajes húmedos a secos y antibióticos sistémicos. Los esteroides sistémicos pueden ser necesarios para manejar la reacción inflamatoria resultante de la combinación de trauma y dermatitis.

5C-3.6

Pulpos. Los pulpos habitan en océanos tropicales y templados. Las especies varían dependiendo de la región. Es un gran saco rodeado por 8 a 10 tentáculos ([Figura 5C-9](#)). La cabeza es larga con ojos bien desarrollados y mandíbulas como trompa sobre la boca. El movimiento es hecho por la acción de chorro producida por la expulsión de agua desde la cavidad de la capa a través del sifón. El pulpo se oculta en cuevas, grietas y conchas. Posee

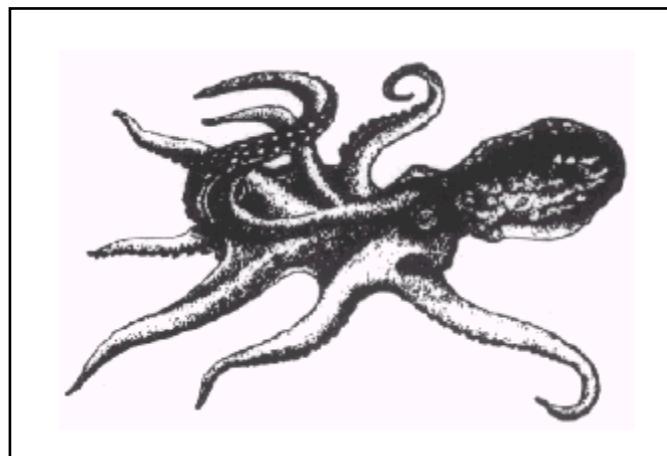


Figura 5C-9. Pulpo.

un aparato venenoso bien desarrollado en sus glándulas salivales y pica mordiendo. La mayoría de las especies encontradas en los E.U. son inofensivas. El pulpo azul-anillado, común en Australia y en las aguas del Indo-Pacífico, puede infiligr mordeduras mortales. El veneno del pulpo azul-anillado es un bloqueador neuromuscular llamado tetrodotoxina y es encontrado también en el pez Puffer (Fugu). El envenenamiento por mordida del pulpo azul-anillado puede conducir a parálisis muscular, vomito, dificultad respiratoria, disturbios visuales y colapso cardiovascular. Las mordidas de pulpo consisten en dos pequeñas punciones. Resulta en una sensación ardorosa o de hormigueo y puede extenderse pronto. Son comunes la inflamación y el enrojecimiento. El sangrado puede ser severo y la capacidad de coagulación de la sangre es frecuentemente retardada por la acción de un anticoagulante en el veneno.

5C-3.6.1

Prevención. Se debe tener extremo cuidado cuando se penetre en cuevas y grietas. Sin importar el tamaño, un pulpo debe ser manejado con guantes cuidadosamente. Uno no debe arponear un pulpo, especialmente unos grandes encontrados costa afuera del Noroeste de E.U., por el riesgo de ser enredado por sus tentáculos. Si llega a ser necesario matar un pulpo, es recomendable apuñalarlo entre los ojos.

5C-3.6.2 Primeros Auxilios y Tratamiento.

1. Controle el sangrado local.
2. Limpie y desbride la herida, cubriéndola con un vendaje limpio.
3. Para sospecha de mordida por pulpo azul-anillado, no aplique una banda constrictiva floja. Aplique presión directa con una banda de presión e inmovilice la extremidad en una posición que sea más baja que el corazón, usando tablillas y vendas elásticas.
4. Esté preparado para administrar si es necesario resucitación boca a boca y resucitación cardiopulmonar.
5. El veneno del pulpo azul-anillado es estable al calor y actúa como una neurotoxina y agente bloqueador neuromuscular. El veneno no es afectado por la terapia de agua caliente. No hay antiveneno disponible.
6. La terapia médica para las mordidas del pulpo azul-anillado es dirigida hacia el manejo de las complicaciones de parálisis, cardiovasculares y respiratorias. El paro respiratorio es común y puede ser requerida intubación con ventilación mecánica. La duración de la parálisis es entre 4 y 12 horas. Tranquilice al paciente.
7. Administre profilaxis antitetánica como sea apropiado.

5C-3.7

Gusanos Segmentados (Anélidos) (Ejemplos: Bloodworm, Bristleworm). Estos invertebrados varían en tipo de acuerdo a la región y se encuentran en zonas cálidas, tropicales o templadas. Usualmente se encuentran bajo las rocas o coral y son especialmente comunes en el Pacífico tropical, Bahamas, Cayos de Florida y Golfo de México. Los anélidos tienen cuerpos largos y segmentados, con estructuras irritantes parecidas a erizos sobre cada segmento. Algunas especies tienen mandíbulas y también infligirán una mordida muy dolorosa. El veneno causa inflamación y dolor.

5C-3.7.1

Prevención. Use guantes de algodón ligeros para protegerse contra los gusanos sangre (bloodworm), pero use guantes de hule o de cuero fuerte para protegerse contra los gusanos erizados (bristleworm).

5C-3.7.2

Primeros Auxilios y Tratamiento.

1. Remueva los erizos con una cinta muy pegajosa, tal como tela adhesiva o cinta para ductos. La aplicación tópica de vinagre reducirá el dolor.
2. El tratamiento está dirigido al alivio de los síntomas y puede incluir terapia con esteroides tópicos, antihistamínicos sistémicos y analgésicos.
3. Puede ocurrir la infección de la herida, la cual puede ser prevenida limpiando la piel con una solución antiséptica de povidone-iodine (Isodine) al 10% y antibiótico tópico en pomada. Los antibióticos sistémicos pueden ser necesarios para estabilizar las infecciones secundarias que primero necesitan cultivo, para aerobios y anaerobios.

5C-3.8

Erizos de Mar. Hay varias especies de erizos de mar con una distribución ampliamente extendida. Cada especie tiene una forma radial y largas espinas. La penetración de la espina del erizo de mar puede causar intenso dolor local debido a un veneno contenido en la espina o desde otro tipo de órgano irritante llamado el globiferous pedicellarie. Han sido reportados entumecimiento, debilidad generalizada, parestesias, náusea, vómito y disritmias cardíacas.

5C-3.8.1 **Prevención.** Evite el contacto con los erizos de mar. Aún los erizos de mar de espinas cortas pueden infiligr su veneno vía los órganos irritantes pedicellarie. Es recomendado usar protección para los pies y guantes. Las espinas pueden penetrar los trajes húmedos, botas de neopreno y tenis.

5C-3.8.2 **Primeros Auxilios y Tratamiento.**

1. Remueva los largos fragmentos de espina suavemente, siendo muy cuidadoso en no romperlos en pequeños fragmentos que permanecerán en la herida.
2. Bañe la herida con vinagre o alcohol isopropílico. Puede ayudar el remojar la extremidad lesionada en agua caliente hasta 122°F (50°C). Debe tenerse precaución para prevenir escaldar la piel, lo cual puede ocurrir fácilmente después de un breve período en agua arriba de 122°F.
3. Limpie y desbride la herida. Debe usarse antibiótico tópico en pomada para prevenir la infección. Los cultivos para aerobios y anaerobios son antes de administrar antibióticos sistémicos para estabilizar infecciones secundarias.
4. Remueva tantas espinas como sea posible. Algunos fragmentos pequeños pueden ser absorbidos por el cuerpo. La remoción quirúrgica, preferiblemente con un microscopio de disección, puede requerirse cuando las espinas están cerca de nervios o articulaciones. Se pueden requerir Rayos – X para localizar estas espinas. Las espinas pueden formar granulomas meses después y pueden aún emigrar a otros sitios.
5. La reacción alérgica y el broncoespasmo pueden ser controlados con Epinefrina subcutánea (0.3 cc de dilución 1:1,000) y usando antihistamínicos sistémicos. No hay antiveneno específico disponible.
6. Administre profilaxis antitetánica como sea apropiado.
7. Obtenga atención médica para las heridas profundas.

5C-3.9 **Caracoles Cónicos.** Los caracoles cónicos están ampliamente distribuidos en todas las regiones, y se encuentran usualmente bajo las rocas, corales o arrastrándose en la arena. La concha es más frecuentemente simétrica en espiral, colorida, con una cabeza distingible, uno o dos pares de tentáculos, dos ojos y un largo pie extendido sobre el cuerpo ([Figura 5C-10](#)). Un piquete del caracol cónico debe ser considerado tan grave como un envenenamiento por mordida de serpiente. Tiene un aparato venenoso altamente desarrollado: el veneno está contenido en dardos dentro del probóscido, el cual sale del extremo angosto pero es capaz de alcanzar la mayoría de la concha. El piquete del caracol es seguido de una sensación de irritación o ardor en el sitio de la herida. Inicia el entumecimiento y hormigueo en el sitio de la herida y puede extenderse al resto del cuerpo; el compromiso de la boca y los labios es severo. Otros síntomas pueden incluir parálisis muscular, dificultad para deglutar y hablar, trastornos visuales y dificultad respiratoria.

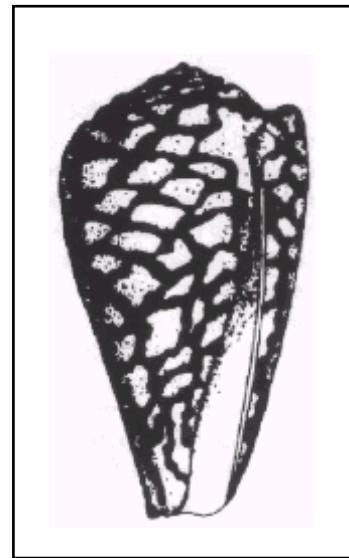


Figura 5C-10. Caracol Cónico

5C-3.9.1 **Prevención.** Evite manipular los caracoles cónicos. El veneno puede inyectarse a través de la ropa y guantes.

5C-3.9.2 **Primeros Auxilios y Tratamiento.**

1. Acueste al paciente.
2. No aplique una banda de constrictión o ligadura floja. Es recomendable la presión directa con un vendaje compresivo y la inmovilización en una posición más baja que el nivel del corazón usando tablillas y vendas elásticas.
3. Algunas autoridades recomiendan la incisión de la herida con remoción del veneno con succión, aunque esto es controversial. Sin embargo, el acuerdo general es que si se hace una incisión, los cortes deben ser pequeños (un centímetro), lineales y penetrar no más profundo que el tejido celular subcutáneo. La incisión y succión solo deben ser realizadas, si es posible hacer, dentro de 2 minutos del piquete. De otra manera, el procedimiento puede no ser efectivo. La incisión y succión por personal no experimentado ha resultado en ruptura inadvertida de nervios, tendones y vasos sanguíneos.
4. Transporte al paciente a una instalación médica mientras se asegura que está respirando adecuadamente. Esté preparado para administrar resucitación boca a boca si es necesario.
5. El veneno de las conchas cónicas resulta en parálisis o paresia del músculo esquelético, con o sin mialgia. Los síntomas se desarrollan dentro de minutos del piquete y sus efectos pueden durar hasta 24 horas.
6. No hay antiveneno disponible.
7. Puede ocurrir dificultad respiratoria debido al bloqueo neuromuscular. El paciente debe ser admitido en una instalación médica y ser monitoreado estrechamente por complicaciones respiratorias y cardíacas. Trate como se desarrollen los síntomas.
8. Puede inyectarse anestesia local sin Epinefrina en el sitio de la herida si el dolor es severo. Los analgésicos que producen depresión respiratoria deben ser usados con precaución.
9. El manejo de los piquetes severos es de soporte. Puede ser necesario soportar la respiración con intubación y ventilación mecánica.
10. Administre profilaxis antitetánica como sea apropiado.

5C-3.10 **Serpientes Marinas.** La serpiente marina es un reptil que respira aire, el cual se ha adaptado al ambiente acuático desarrollando una cola pala. La serpiente marina habita en el área del Indo-Pacífico y en el mar Rojo se han visto a 150 millas de la tierra. Las áreas más peligrosas para nadar son las bocas de los ríos, donde las serpientes marinas son más numerosas y el agua es más turbia. La serpiente marina es una verdadera serpiente, usualmente de 3 a 4 pies de largo, pero puede alcanzar 9 pies. Tiene bandas generalmente ([Figura 5C-11](#)). Es curiosa y frecuentemente atraída por los buzos, normalmente no es agresiva excepto durante la estación de apareamiento.

5C-3.10.1 **Efectos de la Mordedura de Serpiente Marina.** La serpiente marina inyecta un veneno que tiene de 2 a 10 veces la toxicidad del veneno de la cobra. La mordedura usualmente aparece como una marca de cuatro punciones, pero puede haber de 1 a 20 punciones. Los dientes pueden permanecer en la herida. La neurotoxina del veneno es una proteína no enzimática estable al calor; por lo tanto, la mordida de serpiente marina no debe sumergirse

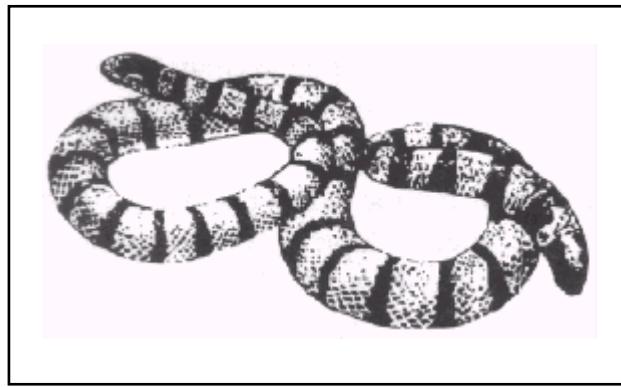


Figura 5C-11. Serpiente Marina

en agua caliente como con el pique de peces venenosos. Debido a sus pequeñas mandíbulas, la mordida frecuentemente no resulta en envenenamiento. La mordida característica de la serpiente marina produce poco dolor y hay usualmente un período latente de 10 minutos a tan largo como varias horas antes de desarrollar síntomas generalizados: dolor y rigidez muscular, sensación de engrosamiento de la lengua, parálisis progresiva, náusea, vómito, dificultad para deglutar y hablar, esfuerzo y falla respiratoria, orina de color ahumado por la mioglobinuria, la cual puede llevar a falla renal.

5C-3.10.2 Prevención. Los trajes húmedos o ropas de protección, especialmente guantes, pueden proporcionar protección sustancial contra la mordedura y deben ser usados cuando se bucea en aguas donde las serpientes marinas son abundantes. También, deben usarse zapatos cuando se camina donde se sabe que existen las serpientes marinas, incluyendo en la vecindad de las operaciones de pesca. No maneje las serpientes. Las mordidas ocurren frecuentemente en las manos de los pescadores que intentan quitar las serpientes de las redes.

5C-3.10.3 Primeros Auxilios y Tratamiento.

1. Mantenga quieta a la víctima.
2. No aplique una banda constrictiva o torniquete flojo. Aplique presión directa usando un vendaje compresivo e inmovilice la extremidad en la posición dependiente con tablillas y vendas elásticas. Esto previene la expansión de la neurotoxina a través de la circulación linfática.
3. Incida y aplique succión (ver piquetes de conchas cónicas, [párrafo 5C-3.9](#)).
4. Transporte a toda víctima de mordida de serpiente marina a una instalación médica tan pronto como sea posible, no importando los síntomas concurrentes.
5. Observe para asegurar que el paciente está respirando adecuadamente. Esté preparado para administrar resucitación boca a boca o resucitación cardiopulmonar si se requiere.
6. El veneno es una proteína estable al calor que bloquea la transmisión neuromuscular. Se ve frecuentemente mionecrósis con la resultante mioglobinuria y daño renal. Puede desarrollarse hipotensión.
7. El paro respiratorio puede resultar de la parálisis muscular generalizada; puede ser requerida la intubación y ventilación mecánica.

- 8.** La función renal debe ser monitoreada estrechamente y puede ser necesaria hemodiálisis o diálisis peritoneal. La alcalinización de la orina con suficientes fluidos IV promoverán la excreción de mioglobina. El monitorear la función renal y el balance de líquidos anticipa la falla renal aguda.
- 9.** Los signos vitales deben ser monitoreados estrechamente. Puede ser requerido soporte cardiovascular con oxígeno y fluidos IV.
- 10.** Por la posibilidad de retraso en la aparición de los síntomas, toda víctima de mordida de serpiente marina debe ser observada por un mínimo de 12 horas.
- 11.** Si los síntomas de envenenamiento ocurren dentro de una hora, el antiveneno debe ser administrado tan pronto como sea posible. En un paciente gravemente envenenado, la terapia con antiveneno puede ser de gran ayuda aún después de un retraso significante. El antiveneno está disponible en el Laboratorio Sérico del Estado en Melbourne, Australia (ver Referencia 4 de este apéndice por la dirección y número telefónico). Si no está disponible el antiveneno específico, el antiveneno polivalente para serpiente de tierra (con un componente de serpiente tigre o krait Elapidae) puede ser un sustituto. Si se usa antiveneno, deben seguirse las instrucciones insertas en el paquete acompañante con respecto a la dosis y prueba de sensibilidad, y el médico debe estar listo para tratar por anafilaxia (reacción alérgica severa). Es recomendable el método por infusión IV o monitoreo estrecho del goteo sobre un período de una hora.

12. Administre la profilaxis antitetánica como sea apropiada.

5C-3.11 **Esponjas.** Las esponjas están compuestas de animales multicelulares diminutos con espículas de silice o carbonato de calcio acomodados en un esqueleto fibroso. La exposición de la piel a los irritantes químicos sobre la superficie de ciertas esponjas o la exposición a las diminutas espículas filosas, puede causar dolor intenso en la piel, condición llamada dermatitis.

5C-3.11.1 **Prevención.** Evite el contacto con las esponjas y use guantes cuando maneje esponjas vivas.

5C-3.11.2 **Primeros Auxilios y Tratamiento.**

- 1.** Puede ser efectiva la cinta adhesiva o de ductos para remover las espículas de las esponjas.
- 2.** Debe aplicarse vinagre o ácido acético al 3 a 10 por ciento con compresas saturadas, porque las esponjas pueden ser habitadas secundariamente por celenterados irritantes.
- 3.** Puede ser aplicada una loción antihistamínica (difenidramina) y más tarde un esteroide tópico (hidrocortisona), para reducir la reacción inflamatoria temprana.
- 4.** Las pomadas antibióticas son efectivas para reducir la oportunidad de infección secundaria.

5C-4 ANIMALES MARINOS TOXICOS

5C-4.1 **Peces Envenenados por Ciguatera.** El envenenamiento por ciguatera es causado por la ingestión de carne de peces que han comido un microorganismo productor de una toxina, el dinoflagelado *Gambierdiscus toxicus*. El envenenamiento es común en peces de arrecife entre las latitudes 35°N y 35°S alrededor de las islas tropicales o costas tropicales y semi-tropicales en el Sur de Florida, el Caribe, las Indias Occidentales y en los océanos Pacífico e Índico. Los peces y animales marinos afectados incluyen la barracuda, huachinango, cherna,

mero, jurel, pez loro y la morena. La incidencia es imprevisible y depende de los cambios ambientales que afectan el nivel de los dinoflagelados. La toxina es estable al calor, sin sabor ni olor y no es destruida por la cocción o el ácido gástrico. Los síntomas pueden iniciar inmediatamente o dentro de varias horas después de la ingestión, y pueden incluir náusea, vómito, diarrea, comezón y debilidad, dolorimiento y espasmo muscular. Los síntomas neurológicos pueden incluir dolor, ataxia (marcha tambaleante), parestesias (hormigueo) y entumecimiento alrededor de la boca. Puede ocurrir sensibilidad inversa a las sensaciones de calor y frío cuando se tocan o comen objetos con temperaturas extremas. En los casos graves puede ocurrir falla respiratoria y colapso cardiovascular. El prurito (comezón) es característico que empeora cuando se ingiere alcohol. Los síntomas gastrointestinales usualmente desaparecen dentro de 24 a 72 horas. Aunque la recuperación completa ocurrirá en la mayoría de los casos, los síntomas neurológicos pueden persistir por meses o años. Los signos y síntomas de envenenamiento por ciguatera pueden ser erróneamente diagnosticados como enfermedad de descompresión o dermatitis de contacto por coral de fuego o aguamala. Debido a la rapidez de los viajes modernos y a la refrigeración, el envenenamiento por ciguatera puede ocurrir lejos de las áreas endémicas con viajeros internacionales o restaurantes con patrones insospechados.

- 5C-4.1.1 **Prevención.** Nunca coma el hígado, vísceras o hueva (huevos) de peces tropicales. Raramente los grandes peces de una especie deben ser sospechosos. Cuando viaje, consulte a los nativos acerca del envenenamiento por peces de los peces locales, aunque tal información puede no siempre ser confiable. Se ha desarrollado un radioinmunoensayo para probar la presencia de la toxina en la carne de pescado y pronto podrá estar disponible en forma generalizada.

5C-4.1.2 **Primeros Auxilios y Tratamiento.**

1. El tratamiento es de soporte y sintomático. Si el tiempo desde la ingestión del pescado sospechoso es breve y la víctima está totalmente consciente, induzca el vómito (jarabe de Ipecacuana) y administre purgativos (catárticos, laxantes) para acelerar la eliminación del pescado no digerido.
2. Además de los síntomas descritos arriba, otras complicaciones que pueden requerir tratamiento incluyen hipotensión y disritmias cardíacas.
3. Pueden requerirse agentes antieméticos y anti-diarreicos si los síntomas gastrointestinales son severos. Puede necesitarse atropina para controlar la bradicardia. Pueden necesitarse fluidos IV para controlar la hipotensión. Para el espasmo muscular puede darse gluconato de calcio, diazepam y metocarbamol.
4. La amitriptilina ha sido utilizada exitosamente para resolver los síntomas neurológicos como la depresión.
5. Los baños fríos pueden inducir el prurito (comezón).

- 5C-4.2 **Envenenamiento por Pescados Descompuestos.** Parecido al envenenamiento por ciguatera (ver [párrafo 5C-4.1](#)), donde la toxina está ya concentrada en la carne de los peces, el envenenamiento por pescados descompuestos ocurre de diferentes tipos de pescados que no han sido rápidamente refrigerados o preparados para el consumo inmediato. Los peces típicos causantes del envenenamiento incluyen el atún, cojinuda, macarela, bonito, delfín y el mahi mahi (delfín del Pacífico). Estos se encuentran en aguas tropicales y templadas. Una rápida producción bacterial de histamina y saurina (un compuesto parecido a la histamina) produce los síntomas de una reacción histamínica: náusea, dolor abdominal, vómito, rubor facial, urticaria (ronchas), dolor de cabeza, prurito (comezón), broncoespasmo y una sensación ardorosa o de comezón en la boca. Los síntomas pueden iniciar una hora después de la ingestión y durar 8 a 12 horas. La muerte es rara.

- 5C-4.2.1** **Prevención.** Limpie inmediatamente el pescado y presérvelo enfriándolo rápidamente. No coma cualquier pescado que ha sido dejado en el sol o en el calor durante dos horas.
- 5C-4.2.2** **Primeros Auxilios y Tratamiento.** Como se necesite, se dan antihistamínicos orales (ej., difenidramina, cimetidina), Epinefrina (subcutánea) y esteroides.
- 5C-4.3** **Envenenamiento por Pez Globo.** Una neurotoxina extremadamente potente, llamada tetrodotoxina, se encuentra en las viseras, gónadas, hígado y piel de una variedad de peces, incluyendo el pez globo, pez puercoespín y pez sol. El pez globo – también llamado pez inflado, pez sapo y llamado Fugu en japonés – se encuentra principalmente en aguas tropicales pero también en aguas templadas de las costas de E.U., África, Sudamérica, Asia y el Mediterráneo. El pez globo es considerado una delicia en Japón, donde es rebanado muy delgado y comido como sashimi. Chefs autorizados son entrenados para seleccionar aquellos peces globo que parecen ser menos venenosos y también para evitar el contacto con los órganos viscerales que se sabe concentran el veneno. El primer signo de envenenamiento es normalmente hormigueo alrededor de la boca, el cual se extiende a las extremidades y puede conducir a entumecimiento de todo el cuerpo. Los hallazgos neurológicos pueden progresar a marcha con tropiezos (ataxia), debilidad generalizada y parálisis. La víctima, aunque paralizada, permanece consciente hasta que ocurre la muerte por paro respiratorio.
- 5C-4.3.1** **Prevención.** Evite comer pez globo. El cocinar la carne envenenada no destruye la toxina.
- 5C-4.3.2** **Primeros Auxilios y Tratamiento.**
1. Proporcione cuidados de soporte con manejo de las vías aéreas y monitoreo de la respiración y circulación.
 2. Monitoreo de la función anal.
 3. Monitoreo y tratamiento de las disritmias cardíacas.
- 5C-4.4** **Envenenamiento Paralítico por Moluscos (EPM) (Marea Roja).** El envenenamiento paralítico es debido a moluscos (bivalvos) tales como almejas, ostiones y moluscos marinos comestibles que ingieren dinoflagelados productores de una neurotoxina que afecta al hombre. La proliferación de estos dinoflagelados durante los meses más calurosos del año produce una característica marea roja. Sin embargo, algunos dinoflagelados en crecimiento son incoloros, tanto, que los moluscos envenenados pueden ser consumidos sin saberse. Las autoridades de salud pública locales deben monitorear muestras de agua de mar y moluscos para detectar la toxina. Los moluscos envenenados no pueden ser detectados por su apariencia, olor o decoloración de objetos de plata o colocando un ajo en el agua para cocinar. También, los moluscos envenenados pueden encontrarse en las zonas de marea altas y bajas. Las variedades tóxicas de dinoflagelados son comunes en las siguientes áreas: Noroeste de E.U. y Canadá, Alaska, parte del oeste de Sudamérica, Noreste de E.U., los países del Mar del Norte Europeo y el área de la Costa del Golfo de los E.U. Otro tipo de dinoflagelado, considerado no tóxico si se ingiere, puede conducir a irritación ocular y del tracto respiratorio por la exposición en la costa a un dinoflagelado en crecimiento que llega a ser aireado por acción de las olas y el viento.
- 5C-4.4.1** **Síntomas.** Los síntomas del envenenamiento paralítico del cuerpo por moluscos incluyen parestesias (hormigueo) alrededor de la boca, las cuales se extienden a las extremidades y pueden progresar a debilidad muscular, ataxia, salivación, sed intensa y dificultad para deglutar. No son comunes los síntomas gastrointestinales. La muerte aunque poco común, puede resultar por paro respiratorio. Los síntomas inician 30 minutos después de la ingestión y pueden durar por muchas semanas. Las enfermedades gastrointestinales que ocurren varias horas después de la ingestión son debidas más probablemente a contaminación bacteriana de los moluscos (ver el [párrafo 5C-4.5](#)). Las reacciones alérgicas tales como urticaria (ronchas),

prurito (comezón), resequedad o sensación de irritación en la garganta, lengua inflamada y broncoespasmo pueden también ser una hipersensibilidad individual a un molusco específico y no a envenenamiento paralítico por moluscos (EMP).

5C-4.4.2 **Prevención.** Ya que este dinoflagelado es termo estable, el cocinado no previene el envenenamiento. El caldo en el cual es hervido el molusco es especialmente peligroso, ya que el veneno es soluble al agua y estará concentrado en el caldo.

5C-4.4.3 **Primeros Auxilios y Tratamiento.**

1. No hay antídoto conocido. Si la víctima está totalmente consciente, induzca el vómito con 30 cc (dos cucharadas) de jarabe de Ipecacuana. El lavado de estómago con líquidos alcalinos (solución de bicarbonato de sodio) pueden ayudar porque el veneno es ácido-estable.
2. Proporcione tratamiento de soporte con observación estrecha y soporte de vida avanzado si es necesario hasta que la enfermedad se resuelva. El envenenamiento es también relativo a la cantidad de molusco envenenado consumido y a la concentración de la contaminación del dinoflagelado.

5C-4.5 **Enfermedades Bacterianas y Virales por Mariscos.** Grandes ataques de fiebre tifoidea y otras enfermedades diarreicas causadas por el género Vibrio han sido rastreados por consumir ostiones crudos contaminados, camarones y cangrejos inadecuadamente cocinados. Las muestras de excremento diarreico de pacientes sospechosos de tener enfermedad bacteriana o viral por mariscos, deben ser colocadas en un medio de cultivo especial (tiosulfato-citrato-bilis sales-sucrosa agar) para cultivo específico de Vibrio especies, siendo enviados con aislamiento a laboratorios de referencia para confirmación.

5C-4.5.1 **Prevención.** Para evitar enfermedad bacteriana o viral (ej. Hepatitis A o gastroenteritis viral de Norwalk) asociada con ostiones, cangrejos y otros mariscos, un individuo debe comer solo mariscos completamente cocinados. Ha sido probado que comer mariscos crudos (moluscos) presenta un riesgo definitivo de contraer enfermedad.

5C-4.5.2 **Primeros Auxilios y Tratamiento.**

1. Proporcione cuidados de soporte con atención para mantener la ingestión de líquidos orales o IV si es necesario.
2. Consulte a personal médico para el tratamiento de los diversos Vibrio especies que pueden ser sospechosos.

5C-4.6 **Pepinos de Mar.** Los pepinos de mar son comidos frecuentemente en algunas partes del mundo donde son vendidos como Trepang o Beche-de-mer. Son cocidos y entonces secados al sol o ahumados. El contacto con el líquido eyectado de la cavidad visceral de algunas especies de pepinos de mar puede resultar en una severa reacción en la piel (dermatitis) o aún ceguera. La intoxicación por la ingestión de pepinos de mar es rara.

5C-4.6.1 **Prevención.** Los habitantes locales pueden aconsejar acerca de lo comestible de los pepinos de mar en esa región. Sin embargo, esta información puede no ser confiable. Evite el contacto con los jugos viscerales.

5C-4.6.2 **Primeros Auxilios y Tratamiento.** Ya que no hay antídoto conocido, el tratamiento es solamente sintomático. La irritación de la piel puede ser tratada como la picadura de aguamala ([párrafo 5C-3.4.4](#)).

5C-4.7 **Infestación Parasitaria.** Las infestaciones parasitarias pueden ser de dos tipos: superficiales y encarnadas. Los parásitos superficiales hacen conejeras en la carne de los peces y son fácilmente vistos y removidos. Estos pueden incluir peces piojos, gusanos ancla y sanguijuelas. Los parásitos encarnados pueden estar enquistados o libres en los músculos, entrañas y agallas de los peces. Estos parásitos pueden incluir gusanos redondos, gusanos planos y flukes. Si el pescado es cocinado inadecuadamente, estos parásitos pueden pasar a los humanos.

5C-4.7.1 **Prevención.** Evite comer pescado crudo. Prepare todos los pescados completamente cocinados o ahumados. Cuando limpie los pescados, observe por áreas comidas o enquistadas en la carne; corte y descarte cualquier quiste o área sospechosa. Quite todos los parásitos superficiales. Nunca coma las entrañas o vísceras de cualquier pez.

5C-5 REFERENCIAS PARA INFORMACION ADICIONAL

1. *Prevention and Treatment of Dangerous Marine Animal Injuries (Prevención y Tratamiento de las Lesiones de Animales Marinos Peligrosos)*, una publicación del Centro Internacional Bio-toxicológico, Instituto de Investigación de la Vida Mundial, Colton, CA; Noviembre de 1982; P.S. Auerbach y B.W. Halstead.
2. *Management of Wilderness and Environmental Emergencies (Manejo del Desierto y de las Emergencias Ambientales)*, Macmillan Publishing Co., New York, N.Y., 1983. Eds. P.S. Auerbach y E.C. Greehr.
3. *The Life of Sharks (La Vida de los Tiburones)*, Columbia University Press, New York 1971. P. Budkur.
4. Commonwealth Serum Laboratories, 45 Poplar Road, Parkville, Melbourne, Victoria, Australia; Teléfono: 011-61-3-389-1911, Telex AA-32789.
5. *Sharks (Tiburones)*. Doubleday, Garden City, N.Y., 1970. J.Y. Cousteau.
6. *Fish and Shellfish Acquired Diseases (Enfermedades Adquiridas de Peces y Mariscos)*. American Family Physician. Vol. 24: pp. 103-108, 1981. M.L. Dembert, K. Strosahl y R.L. Bumgarner.
7. *Consumption of Raw Shellfish – Is the Risk Now Unacceptable? (Consumo de Mariscos Crudos - ¿Es el riesgo Inaceptable Ahora?)* New England Journal of Medicine. Vol. 314: pp. 707-708, 1986. H.L. DuPont.
8. *Diving and Subaquatic Medicine (Medicina de Buceo y Subacuática)*, Centro Médico de Buceo, Masman N.S.W., Australia; 1981, Segunda Edición; C. Edmonds, C. Lowry y C. Pennefather.
9. *Poisonous and Venomous Marine Animals of the World (Animales Marinos Venenosos y Ponzónicos del Mundo)*, Darwin Press Inc., Princeton, NJ; B.W. Halstead.
10. *Principles and Practice of Emergency Medicine (Principios y Práctica de la Medicina de Emergencia)*, W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA; 1978, pp. 812-815; G. Schwartz, P. Sofar, J. Stone, P. Starkey y D. Wagner.
11. *Dangerous Marine Creatures (Criaturas Marinas Peligrosas)*, Reed Book Ptg., Ltd., 2 Aquatic Drive, French's Forest, NSW 20806 Australia. C. Edmonds.
12. *A Medical Guide to Hazardous Marine Life (Una Guía Médica para la Vida Marina Peligrosa)*, Segunda Edición, Mosby Yearbook, 1991, P.S. Auerbach.