

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "TOMÁS FRÍAS"
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS
CARRERA DE FÍSICA



“VARIACIÓN DE LA PRESIÓN EN LA CÁMARA HIPERBÁRICA MONOPLAZA”

INVESTIGACIÓN

AUTOR:

LIC. GREGORIO MUÑOZ CHAVEZ

POTOSÍ – BOLIVIA

2009

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre (Felisa Chavez Ramos (†)), por el deseo alcanzado, a mis hermanos: (Ramiro (†), Mario (†), Ángel (†), Francisco, Eduarda, Esperanza y Sandra), por el apoyo moral y material, a los trabajadores administrativos y a los docentes que, aún con esperanza, trabajan en la Universidad Autónoma “Tomas Frías”.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres (†) y hermanos, que a pesar de muchas dificultades enfrentadas, siempre me incentivaron de una u otra manera en mis estudios.

Al Lic. **Rubén Huallpa Santos**, Lic. **Eduardo Choque**. Por su especial colaboración al presente trabajo; Al Ing. **Efraín Ayza**, director de la fundación **FAUTAPO**; por financiar el proyecto, hasta la culminación total. A los docentes: de la Carrera de Física en especial a la Universidad Autónoma “Tomas Frías” por darme la oportunidad de ser asistente de investigador, a los docentes y estudiantes de ciencias puras, por brindarme sus conocimientos de manera desinteresada, y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron con sus sugerencias y conocimientos sobre el tema.

Al Lic. **Lucio Nazario** por la idea del proyecto, y al técnico **Gunnar Hochkofler** por la amplia cooperación en lo referente a las fuentes bibliográficas; que jamás dejo de incentivar me. Sin su orientación, la investigación aquí presentada sería prácticamente imposible.

Gregorio Muñoz Chavez

RESUMEN

La construcción de la cámara, fue realizada por el técnico (Don Camillo Mamani). La cámara tiene: camilla móvil, porta audífono, compuerta, ventanas de vidrio, ruedas (4), tablero de mando, dos entradas de presión de aire, y una salida (circulación) para evacuación del CO₂. Pintado internamente y externamente, de color azul y veis.

Las pruebas preliminares se hicieron en Facultad de Medicina (Universidad Autónoma Tomás Frías), para calibrar los manómetros mecánicos; para medir la presión y la altura (profundidad) dentro la cámara, porque los equipos que se compraron; no marcaron la presión deseada o calculada, como se pueden apreciar en las tablas. Colocamos los manómetros (analógicos (dos) primero en serie y luego en paralelo con sus respectivas conexiones. Por ese motivo se construyo un manómetro en U de mercurio en la carrera de Física por el licenciado Rubén Huallpa; se comparo con un manómetro de mercurio del Dr. Rene Vásquez; y otros que compramos y que nos prestaron; la presión en los diferentes equipos no registraron la misma medida; pero el equipo electrónico construido por el Licenciado Eduardo Choque, es más preciso.

Todo el trabajo de calibración, lo realizamos los Licenciados: Eduardo Choque Mamani, Gregorio Muñoz Chavez y Rubén Huallpa Santos.

CAPÍTULO 1

Introducción	1
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA SOBRE: PRESIÓN ATMOSFERICA, PINTURA Y MANOMETROS	
1.1 La atmósfera	7
1.1.1 Presión atmosférica	8
1.1.2 Temperatura del aire	8
1.1.3 Densidad del aire	9
1.1.3.1 Ley de Boyle-Mariotte	10
1.1.3.2 Ley de Gay-Lussac	11
1.1.3.3 Ley de Henry	12
1.1.3.4 Ley de Dalton	12
1.1.4 Presión Absoluta	12
1.1.5 Presión Atmosférica	13
1.1.6 Presión Manométrica	13
1.2 Unidades de presión	14
1.2.1 Medición de la presión	17
1.2.2 Variación de la presión con la altura	17
1.2.3 Variación de la presión	18
1.2.4 Cambios de presión con la profundidad	18
1.2.5 Presión parcial de un gas	19
1.2.6 Relación entre presión y altura	19
1.3 Enfermedad por altura	20
1.4 Manómetros	23
1.4.1 Criterios de selección	23
1.4.2 Principios de medición	24
1.4.3 Manómetros con tubo de Bourdon	24
1.4.4 Rangos de indicación	24
1.4.5 Condiciones de uso	25
1.4.6 Temperatura	25
1.4.7 Aparatos adicionales	25
1.4.8 Disposiciones de la medición	26
1.4.9 Montaje	27

1.4.10	Funcionamiento	28
1.4.11	Área de aplicación	28
1.4.12	Comprobación del punto cero	28
1.4.13	Comprobación de la indicación	28
1.4.14	Temperaturas de funcionamiento	29
1.4.15	Mantenimiento y reparación	29
1.5	Manómetros digitales	29
1.5.1	Aplicaciones	30
1.5.2	Compensación de la temperatura	30
1.6	Experimentos fundamentales medición de presión	30
1.7	Camilla	31
1.8	Intercomunicador electrónico	32

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DE LA CAMARA HIPERBARICA MONOPLAZA

2.1	La construcción cámara hiperbárica monoplaaza	33
2.2	Cámara hiperbárica monoplaaza	33
2.2.1	Descripción	33
2.2.2	Características técnicas	34
2.2.3	Equipamiento y comodidades internas	34
2.3	Descripción de la cámara hiperbárica monoplaaza	35
2.3.1	Puerta Hermética	35
2.3.2	Tablero de mando	35
2.3.3	Camilla móvil	36
2.3.4	Ventanas	36
2.3.5	Ruedas	36
2.3.6	Pintado	36
2.3.7	Intercomunicador electrónico	37
2.3.8	Descripción de la compresora MSV 6/30	37
2.3	Calibración de instrumentos	39
2.3.1	Procedimiento	39
2.4	Pruebas neumáticas	39
2.5	Seguimiento al Proyecto	40
2.6	Uso de la cámara hiperbárica monoplaaza	40
2.6.1	Descripciones de uso	40

2.6.2	Definiciones	40
2.6.3	Sistemas funcionales del equipo	41
2.6.4	Materiales y accesorios	42
2.7	Funcionamiento de la cámara hiperbárica monoplaza	42

CAPÍTULO 3

ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1	Pruebas Preliminares y obtención de datos experimentales	44
3.1.1	Altura simulada dentro la cámara hiperbárica monoplaza	46
3.1.2	Resultados obtenidos con el barómetro digital	46
3.1.3	Alturas de diferentes ciudades del Estado Plurinacional de Bolivia	46
3.2	Síntesis de los datos obtenidos importantes	47

CONCLUSIONES	48
---------------------	-----------

RECOMENDACIONES	49
------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA	50
---------------------	-----------

ANEXOS	52
---------------	-----------

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.3	Presión inclinada y perpendicular	66
Figura 1.4	Presión fuerza por área	66
Figura 1.5	Manómetro en U	66
Figura 1.6	Presión varia con la altura	67
Figura 1.7	Barómetro de Torricelli	67
Figura 1.8	Manómetro doble en U	67
Figura 1.9	Variación de la presión con la altura	68
Figura 1.10	Manómetro tipo Bourdon	68
Figura 1.11	Tubo de Bourdon en forma de C	68
Figura 1.12	Tubo Bourdon helicoidal	68
Figura 1.13	Partes de un manómetro	69
Figura 1.14	manómetro desarmado	69

Figura 1.15	Conexiones herméticas	69
Figura 1.16	Manómetro digital	69
Figura 1.17	Dimensiones del manómetro digital	70
Figura 1.18	Manómetros en U y analógico	70
Figura 1.19	Manómetros en U y analógico	70
Figura 1.20	Dimensiones de la camilla	70
Figura 1.21	Circuito electrónico del intercomunicador	71
Figura 1.21	El esquema de conexionado de dos intercomunicadores	71
Figura 1.22	Esquema como conectar más de un intercomunicador al mismo bus	71

INDICE DE FOTOS

Foto 2.1	Puerta hermética	76
Foto 2.2	Tablero de mando	76
Foto 2.3	Camilla, ventanas y tablero de mando	77
Foto 2.4	Ventanas y tablero de mando	77
Foto 2.5	Colocación de rueda	78
Foto 2.5	Ruedas (dos)	78
Foto 2.6a	Pintado por fuera	79
Foto 2.6b	Pintado por fuera	79
Foto 2.7a	Componentes del intercomunicador	80
Foto 2.7b	Componentes del intercomunicador y multitester	80
Foto 2.8a	Compresora con accesorios	81
Foto 2.8b	Compresora con accesorios	81
Foto 2.9a	Camilla móvil (frontal)	82
Foto 2.9b	Camilla móvil (lateral)	82

INTRODUCCIÓN

En esta fase se logro todas las tareas trazadas en especial en el Diseño e Implementación del Tablero de Mando para la cámara hiperbárica monoplaça: con accesorios de control: manómetros: analógicos (dos) y digital (uno); El técnico (Don Camilo Mamaní) a construido el cilindro, y la puerta; se soldó siguiendo con las normas ISO. Las Autoridades Universitarias y Fautapo tendrán que acordar quien se hará cargo del control de calidad de la construcción de la cámara hiperbárica.

Una *Cámara Hiperbárica* es un recipiente hermético construido con planchas de acero soldadas, frecuentemente en forma cilíndrica; es un recipiente especialmente diseñado con diversos accesorios de control y protección que soporta elevadas presiones ambientales, con gases o líquidos, con fines médicos o de investigación.

En el mundo; las cámaras hiperbáricas son conocidas y utilizadas desde el siglo XVII y las primeras aplicaciones clínicas se deben a los trabajos de HENSHAW en 1662. Desde entonces esta modalidad terapéutica ha pasado por diversas vicisitudes dentro del colectivo médico, desde ser considerada como una panacea universal para todo tipo de enfermedades, hasta ser utilizada sin criterios científicos por charlatanes sin otro afán que el del lucro.

En el Estado Plurinacional de Bolivia existen empresas que solo ensamblan las cámaras Hiperbáricas, no existe una empresa que este diseñando y construyendo para poder solucionar el problema de desadaptación aguda a la altura.

En nuestra ciudad (Potosí) somos los pioneros en dar la solución; de desadaptación de la altura; diseñando y construyendo la cámara Hiperbárica para ello se tiene que construir un prototipo experimental, con el cual diseñaremos un modelo para solucionar; accidente de descompresión (diferencia de presiones) de la persona al subir a 4000·m.s.n.m.

El desarrollo tecnológico hoy en día permite asimilar equipos de avanzada en todas las áreas del saber, no es ajena la conjunción aplicativa de la Física y la electrónica en el campo de la Medicina. Una de estas aplicaciones son las Cámaras Hiperbáricas, como equipo fundamental en el tratamiento de accidentes de descompresión en buceos técnicos, plataformas petroleras y otras.

Además de lo mencionado es importante en el tratamiento de la desadaptación aguda a la altura; cuando la persona se somete a diferentes concentraciones de oxígeno y a variaciones de presiones atmosféricas. Por tanto realizar este trabajo de investigación es contribuir a la Medicina Hiperbárica.

La Universidad Autónoma Tomas Frías, como institución de enseñanza superior y de investigación, con sus reparticiones como: DICYT, FAUTAPO, FISICA e IBBAFP, no quedan ajenos a las necesidades emergentes de la sociedad, además estando ubicado a 4000msnm. Se tiene investigaciones relativas a problemas con la altura, antecedente que permite avanzar más en estudios referentes a la concentración de oxígeno, variaciones de presión.

Aspectos que inciden en las prevalencias de desadaptaciones sufridas por sujetos oriundos de lugares bajos y de los mismos nativos del lugar a presiones elevadas. Echo que refleja la implementación de esta área de la medicina Hiperbárica en la ciudad de Potosí.

La cámara hiperbárica no tiene ningún tipo de desecho: gaseoso, liquido, ni sólido; por tanto no tiene ninguna incidencia negativa sobre el medio ambiente. Para ello se realizaran la siguiente implementación. Construir un prototipo para luego someter a diferentes presiones y con los datos diseñar un modelo.

Por todo lo expuesto anteriormente se adecua la cámara hiperbárica con las siguientes características:

La cámara estará diseñado para soportar 1atm de presión (760·mmHg), tiene una dimensión de 2.5·m, una ventana de vidrio templado de 0.4·mx0.5·m, con una compuerta (tiene una ranura de goma flexible) de 180° de abertura, esta podrá cerrarse a compresión, con el ajuste de ocho grampas metálicas también esta puerta podrá quedar abierta con dos sujetadores para el ingreso del usuario. Internamente portara una camilla móvil hasta el 45% del diámetro total 0.275m desde la base, también se coloco un porta audífono para la comunicación del paciente con el Doctor, de adentro hacia el exterior.

Y 6 boquillas (0,0127·m) metálicas para los diferentes controles internos y externos, de tiene con dos entradas a presión tanto para el aire (salida y entrada) como para el oxígeno, además de una salida (circulación) controlada para evacuación del CO₂.

Externamente cuenta con un tablero de mando y cuatro ruedas (y sus respectivos seguros: on off) y un apoyo de arrastre, tanto para la estabilidad en el uso como para el traslado de ella.

El acabado presenta un chapeado como de un automóvil tanto internamente como externamente, cuyos colores son: Azul y blanco. (ver anexo V).

Las pruebas preliminares se hicieron para calibrar los manómetros: mecánico y electrónico (digital), para medir la presión y la altura (profundidad) en especial la presión dentro la cámara, porque los equipos que se compraron; no marcaron la presión deseada o calculada, por ese motivo se construyo un manómetro en U de mercurio en la Carrera de Física por el licenciado Rubén Huallpa; se compararon con un manómetro de mercurio de propiedad del Dr. Rene Vásquez; y otros que compramos y que nos prestaron; la presión con los diferentes equipos no registraron la misma medida, pero el equipo electrónico construido por el Licenciado Eduardo Choque, es el más preciso, y el manómetro del Dr. (Rene Vásquez), tiene un error de 4·mmHg; con el dispositivo electrónico.

Por ese motivo se tenía que colocar nueva escala en los manómetros mecánicos; y se cambiaron la posición de los manómetros de serie en paralelo.

Se hicieron varias pruebas de la presión dentro y fuera de la cámara; como se pueden apreciar en los diferentes tablas 1,2,3,, y con los datos obtenidos calculamos la altura dentro la cámara hiperbárica y así tener un dato confiable, a que profundidad se ha bajado.

Todo el trabajo de calibración, lo realizamos los Licenciados: Eduardo Choque Mamaní, Rubén Huallpa Santos y Gregorio Muñoz Chavez, en la Facultad de Medicina.

Se utilizara el método inductivo, para obtener criterios a partir de los datos experimentales y mediciones del fenómeno natural estudiado y apoyándose con la teoría de las ciencias físico matemáticas, que son las que aportan en comprender las investigaciones sobre el proceso.

Por esto el **problema de investigación** es: ¿Cómo medir la variación de presión en la cámara hiperbárica monoplaza?

En el presente trabajo de investigación el **objeto** de estudio es: la variación de la presión en la cámara hiperbárica monoplaza.

El **campo de acción** es: en la ciudad de Potosí a una altura de 4000msnm. Bajar al paciente con desadaptación aguda a la altura de 2000msnm en forma ficticia dentro una cámara; algunos sujetos del nivel del mar, si suben rápidamente a la altura 4000msnm, pueden sufrir los efectos de desadaptación aguda en nuestra ciudad de Potosí.

El **objetivo general** es: Determinar la variación de la presión en cámara hiperbárica monoplaza; que contribuirá en controlar el flujo de aire regulable (presurización y despresurización) para cada paciente con desadaptación aguda a la altura; y bajar al paciente en forma ficticia en minutos de los 4.000·m a 2.000msnm dentro la cámara hiperbárica.

Los **objetivos específicos** para el presente trabajo son los siguientes:

- i) Revisión bibliográfica sobre: Presión atmosférica, y manómetro.
- ii) Calibrar los manómetros analógicos con un digital como patrón.
- iii) Armar los manómetros analógicos y digital, de presión, en el tablero de mando.
- iv) Caracterización del comportamiento de la presión con el tiempo; dentro la cámara hiperbárica.
- v) Obtención de resultados sobre: presión, y luego calcular la profundidad.
- vi) Instrucciones para el uso adecuado de la cámara hiperbárica.

La **HIPÓTESIS** de la presente investigación es: La regulación de la presión en función del tiempo, dentro la cámara hiperbárica monoplaza; contribuirá a controlar el flujo de aire (presurización y despresurización) o nivelación de presiones de las personas que llegan a la ciudad de Potosí, para curar el mal de altura.

Como **variable dependiente** se tiene: el prototipo de la cámara con un espesor de 3·mm la plancha a una presión de 8Psi; y las **variables independientes** de la cámara hiperbárica monoplaza son:

Presión en función del tiempo y densidad dentro el prototipo. Para llevar acabo la presente investigación se utiliza los siguientes métodos; teóricos y empíricos.

Inductivo – deductivo: se utiliza este método para obtener criterios a partir de los datos experimentales y mediciones del fenómeno natural estudiado, apoyándose con la teoría de las ciencias físico matemáticas, que son las que aportan en comprender sobre las investigaciones sobre cámara hiperbárica.

Análisis y síntesis: a través de este método se interpretan los resultados experimentales de manera objetiva, cuantitativa y sistemática, de las figuras y tablas del comportamiento del prototipo para comprobar y confirmar la hipótesis planteada.

Experimental: el proceso experimental de investigación de este trabajo queda estructurado de la siguiente forma:

-) Se medirá la presión dentro de la cámara (en la Facultad de Medicina) con manómetros: analógicos (dos) y digital (uno). Se cuantificara la presión dentro la cámara con los manómetros: analógicos, digital, y un termómetro digital.
-) Con la presión de aire se calcula la profundidad con la ayuda de los manómetros analógicos y digital.
-) En la cámara hiperbárica monoplaza se realiza la prueba de la presión, utilizando la compresora y los manómetros, para luego proseguir con la implementación necesaria. Luego probaremos la hipótesis correspondiente, para obtener conclusiones y recomendaciones.

La **novedad científica** de este trabajo se expresa en el hecho que, hasta hoy, en nuestro medio no se han hecho propuestas teóricas ni prácticas sobre la nivelación de presiones de las personas que llegan a la ciudad de Potosí. La novedad se manifiesta en el establecimiento de una cámara hiperbárica referencial que sirva de fundamento para realizar tratamientos en los pacientes de una manera adecuada.

Significación práctica: de este trabajo de investigación es el comportamiento de la variación en la cámara hiperbárica monoplaza; para nivelar las presiones de las personas con el medio ambiente;

cubrir de forma parcial las necesidades de los habitantes y personas (turistas) que nos visitan, para mejorar el mal de altura en la ciudad de Potosí.

El trabajo queda estructurado en tres capítulos: primero, elaboración del marco teórico general sobre: Presión atmosférica, y manómetros.

Segundo, descripción de la cámara hiperbárica monoplaza; realización de la fase experimental, con los manómetros (analógicos (dos) y digital (uno)) y analítica.

Tercero; análisis, discusión de los resultados experimentales; referente a; presión dentro la cámara, también se realiza las pruebas con pacientes.

CAPITULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA SOBRE: PRESIÓN ATMOSFERICA, PINTURA Y MANOMETROS

1.1.- LA ATMÓSFERA.

La atmósfera es la envoltura gaseosa que rodea el planeta y está compuesta principalmente por una mezcla de gases (78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de otros gases) (**Muñoz Miguel Á., s/a: 1**), que denominamos aire. A estos hay que añadir el vapor de agua concentrado en las capas más bajas, cuya cantidad depende de las condiciones climatológicas y la localización geográfica, pudiendo variar entre el 0% y el 5%. A medida que aumenta el vapor de agua, los demás gases disminuyen proporcionalmente.

Dado que cada componente tiene un peso distinto de los restantes, existe una tendencia natural de los elementos más pesados a permanecer en las capas más bajas (oxígeno por ejemplo) mientras que los más ligeros se encuentran en las capas más altas. Esto explica porqué la mayor parte del oxígeno se encuentra por debajo de los 10.668·m de altitud, y porqué a medida que se asciende (piense en el Everest) disminuye la cantidad de oxígeno presente en la atmósfera.

Este elemento gaseoso que denominamos aire tiene masa, peso y una forma indeterminada. Es capaz de fluir, y cuando está sujeto a cambios de presión cambia su forma debido a la carencia de una fuerte cohesión molecular, es decir, tiende a expandirse o contraerse ocupando todo el volumen del recipiente que lo contiene. Dado que el aire tiene masa y peso, está sujeto y reacciona a las leyes físicas de la misma manera que otros cuerpos gaseosos.

Aunque este elemento gaseoso que denominamos aire tiene muchas otras propiedades importantes, para poder explicar porque vuela un avión, en este momento interesa centrarse en las características básicas que definen su comportamiento como fluido: presión, temperatura y densidad. Estos tres conceptos están íntimamente relacionados.

1.1.1.- PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

Se define como presión a la cantidad de fuerza aplicada por unidad de superficie. De acuerdo con esta definición, presión atmosférica es la fuerza ejercida por la atmósfera sobre una unidad de superficie, fuerza que se debe al peso del aire contenido en una columna imaginaria que tiene como base dicha unidad. **(Muñoz Miguel Á., s/a: 3)**

La altura de esta columna y por tanto el peso del aire que contiene, depende del lugar en que nos encontremos. A nivel del mar la columna que tenemos encima es mayor que en la cumbre, la cual es a su vez mayor de la que tendríamos en la cima del Cerro Rico (Potosí).

Esta circunstancia explica una primera cualidad del aire que nos interesa conocer: la presión atmosférica cambia de forma inversamente proporcional a la altura, “a mayor altura menor presión”.

Debido precisamente a esta propiedad (y a la menor densidad del aire), los aviones que vuelan por encima de una altitud determinada deben estar provistos de sistemas de presurización en la cabina de pasajeros.

Para medir la presión atmosférica, se puede utilizar un barómetro de mercurio, manómetros analógicos o digital, un barómetro aneroide, o cualquier otro aparato más sofisticado (digitales); su funcionamiento se basa en la lectura de esta presión.

1.1.2.- TEMPERATURA DEL AIRE.

Aunque existen factores particulares que afectan a la temperatura del aire, como por ejemplo lo cercano o lejano que esté un lugar respecto a la línea del ecuador, su lejanía o proximidad a la costa, etc., un hecho común es que el calor del sol atraviesa la atmósfera sin elevar significativamente su temperatura; esta energía es absorbida por la Tierra provocando que esta se caliente y eleve su temperatura, la cual es cedida gradualmente a las capas de aire en contacto con ella. En este ciclo continuo, cuanto más alejadas están las capas de aire de la tierra menos calor reciben de esta.

Debido a este fenómeno, una segunda cualidad del aire es que: la temperatura cambia de manera inversamente proporcional a la altura, “a mayor altura menor temperatura”. La magnitud de este cambio es de aproximadamente 6,5°C cada 1000·m. Estos valores son validos desde el nivel del mar hasta una altitud de 11000·m. (**Muñoz Miguel Á., s/a: 3-4**).

Aunque las magnitudes dadas no se cumplen exactamente al no ser el aire un gas ideal, estos valores medios son los aceptados como indicativos del comportamiento del aire.

Si calentamos una masa de gas contenida en un recipiente, la presión que ejerce esta masa sobre el recipiente (Cilindro) se incrementa, pero si enfriamos dicha masa la presión disminuye. Igualmente, comprimir un gas aumenta su temperatura mientras que descomprimirlo lo enfría. Esto demuestra que hay una relación directa entre temperatura y presión. Así, la presión del aire cálido es mayor que la del aire frío.

1.1.3.- DENSIDAD DEL AIRE.

La densidad de cualquier cuerpo sea sólido, líquido o gaseoso expresa la cantidad de masa del mismo por unidad de volumen $\rho = \frac{m}{V}$; donde m Xmasa (kg), V Xvolumen (m³).

Esta propiedad en el aire es en principio mal asimilada por poco intuitiva, pues es cierto que la densidad del aire es poca si la comparamos por ejemplo con la del agua, pero es precisamente esta diferencia lo que hace el vuelo posible. Dado que con la altura cambian la presión y la temperatura, para saber como cambia la densidad nada mejor que ver como afectan a esta las variaciones de presión y temperatura.

Si se comprime, una misma masa de gas ocupará menos volumen, o el mismo volumen alojará mayor cantidad de gas. Este hecho se conoce en Física como ley de Boyle: “*A temperatura constante, los volúmenes ocupados por un gas son inversamente proporcionales a las presiones a las que está sometido*”. De esta ley y de la definición de densidad dada, se deduce que la densidad aumenta o disminuye en relación directa con la presión.

Por otra parte, sabemos que si se aplica calor a un cuerpo este se dilata y ocupa más volumen, hecho conocido en Física como Ley de dilatación de los gases de Gay-Lussac: “*La dilatación de los gases es función de la temperatura e independiente de la naturaleza de los mismos*” (Muñoz Miguel Á., s/a: 4-5). De acuerdo con esta ley y volviendo de nuevo a la definición de densidad, si una misma masa ocupa más volumen su densidad será menor. Así pues, la densidad del aire cambia en proporción inversa a la temperatura.

Se plantea ahora un dilema, porque si al aumentar la altura, por un lado disminuye la presión (disminuye la densidad) y por otro disminuye la temperatura (aumenta la densidad), o ¿cómo queda la densidad? pues bien, influye en mayor medida el cambio de presión que el de temperatura, resultando que a mayor altura menor densidad.

La densidad es también inversamente proporcional a la temperatura. A mayor temperatura menor densidad.

1.1.3.1 LEY DE BOYLE-MARIOTTE

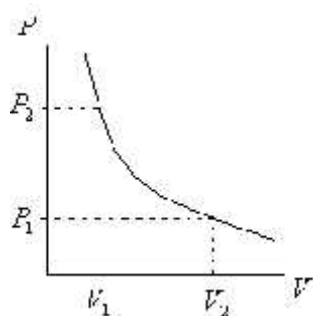
Esta ley se formula de la siguiente manera: “*para una misma masa gaseosa ($n=\text{constante}$) si la temperatura es constante, la presión absoluta varía inversamente proporcional a su volumen*”, es decir:

$$P \propto \frac{1}{V} \quad ; \quad T \text{ Constante}$$

Introduciendo una constante C, la ecuación anterior y operando, es:

$$P \cdot V = C$$

Si graficamos esta ley para dos estados inicial y final se tiene la relación:



$$T_1 = T_2 = T$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

De la gráfica podemos observar que:

-) Si P aumenta entonces el volumen disminuye.
-) Si P disminuye el volumen aumenta.

¿Por qué ocurre esto?

Primer caso: cuando el volumen disminuye la distancia que tiene que recorrer las partículas es menor por lo que se producen más colisiones en cada unidad de tiempo entonces aumenta la presión.

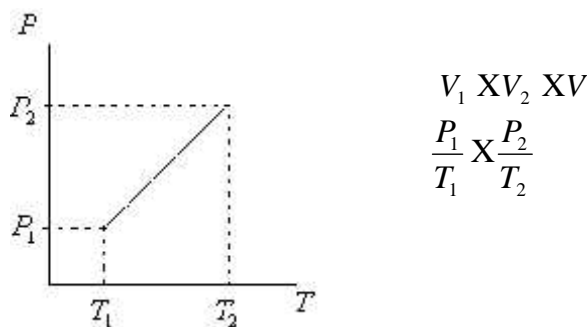
Segundo caso: al aumentar el volumen las partículas del gas tardan más en llegar a las paredes del recipiente y chocan menos veces por unidad de tiempo contra ellos, entonces la presión disminuye.

1.1.3.2 LEY DE GAY – LUSSAC

Esta ley se enuncia de la siguiente manera: “Si el volumen de un gas permanece constante para una cierta masa de gas, su presión absoluta es directamente proporcional a su temperatura”, ósea:

$$P \propto T \quad ; \quad V \text{ Constante} ; P \propto C \cdot T \quad ; \quad \frac{P}{V} \propto C$$

La representación grafica de está ley par dos estados del gas inicial y final, es:



En la grafica se observa que la línea segmentada indica que nunca el volumen del gas llegaría a ser cero, porque a temperaturas bajas se produciría la licuación del gas. Al aumentar la temperatura las moléculas del gas se mueven más rápidamente aumentando el número de choques contra las paredes del recipiente por lo que la presión aumenta y su volumen no cambia y si la temperatura disminuye la presión también disminuye.

1.1.3.3 LEY DE HENRY

A una temperatura constante, la cantidad de gas disuelta en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial que ejerce un gas sobre el líquido.

$$A \propto K \cdot P$$

Donde, P es la presión parcial del gas, A concentración del gas y K es la constante de Henry, que depende de la naturaleza del gas, la temperatura y el líquido.

1.1.3.4 LEY DE DALTON

La presión absoluta que ejerce una mezcla de gases, es igual a la suma de las presiones parciales de cada uno de los componentes que forman la mezcla.

La presión parcial de cada gas es la presión absoluta que ejerce cada componente de la mezcla por separado si estuviera ocupando todo el volumen de la mezcla.

$$P \propto P_1 \Gamma P_2 \Gamma P_3 \Gamma \dots \Gamma P_n$$

A nivel del mar las presiones parciales del oxígeno y del nitrógeno son: 159,6·mmHg y 600,9·mmHg respectivamente.

1.1.4.- PRESIÓN ABSOLUTA

Es la presión de un fluido medido con referencia al vacío perfecto o cero absoluto. La presión absoluta es cero únicamente cuando no existe choque entre las moléculas lo que indica que la proporción de moléculas en estado gaseoso o la velocidad molecular es muy pequeña.

Este término se creó debido a que la presión atmosférica varía con la altitud y muchas veces los diseños se hacen en otros países a diferentes altitudes sobre el nivel del mar por lo que un término absoluto unifica criterios. (Jorge L. Castillo T., 1980: 1)

1.1.5.- PRESIÓN ATMOSFÉRICA

El hecho de estar rodeados por una masa gaseosa (aire), y al tener este aire un peso actuando sobre la tierra, quiere decir que estamos sometidos a una presión (atmosférica), la presión ejercida por la atmósfera de la tierra, tal como se mide normalmente por medio del barómetro (presión barométrica) analógico o digital. Al nivel del mar o a las alturas próximas a este, el valor de la presión es cercano a $10.309,93 \cdot \text{kg/m}^2$, disminuyendo estos valores con la altitud en la ciudad de Potosí a 474·mmHg. **(Jorge L. Castillo T., 1980: 1)**

1.1.6.- PRESIÓN MANOMÉTRICA

Son normalmente las presiones superiores a la atmosférica, que se mide por medio de un elemento que se define la diferencia entre la presión que es desconocida y la presión atmosférica que existe, si el valor absoluto de la presión es constante y la presión atmosférica aumenta, la presión manométrica disminuye; esta diferencia generalmente es pequeña mientras que en las mediciones de presiones superiores, dicha diferencia es insignificante, es evidente que el valor absoluto de la presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro analógico o digital.

La presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro (analógico o digital).

$$\text{Presión Absoluta} = \text{Presión Manométrica} + \text{Presión Atmosférica.}$$

Vacío Se refiere a presiones manométricas menores que la atmosférica por debajo del nivel del mar, que normalmente se miden, mediante los mismos tipos de elementos con que se miden las presiones superiores a la atmosférica, es decir, por diferencia entre el valor desconocido y la presión atmosférica existente. Los valores que corresponden al vacío aumentan al acercarse al cero absoluto y por lo general se expresa a modo de centímetros de mercurio (cmHg), metros de agua, etc.

De la misma manera que para las presiones manométricas, las variaciones de la presión atmosférica tienen solo un efecto pequeño en las lecturas del indicador de vacío. (**Jorge L. Castillo T., 1980: 1**).

Desde el punto de vista histórico, la primera unidad empleada para medir la presión atmosférica fue el milímetro de mercurio (mmHg), en razón de la conocida capacidad de una columna de mercurio, de unos 760·mmHg, consistente en lograr equilibrar la referida presión. Dicha propiedad era muy utilizada en la construcción de los primeros barómetros, de modo que el mmHg resultaba una unidad de medida sumamente intuitiva y existiendo varias unidades en los barómetros de diferente industria.

1.2.- UNIDADES DE PRESIÓN

Para definir la presión se debe recurrir a la noción (más elemental) de fuerza:

La presión es la magnitud que indica cómo se distribuye la fuerza sobre la superficie a la cual está aplicada.

La medida de la presión se puede calcular entonces dividiendo la intensidad de la fuerza por el área de la superficie:

$$P = \frac{F}{A}$$

Por ser el cociente que resulta de dividir dos magnitudes escalares, la presión es también un escalar. (La fuerza es una magnitud vectorial, pero la “intensidad de la fuerza” es un escalar) Es importante tomar en cuenta que la fuerza debe estar aplicada a la superficie. Consideremos los casos representados en las figuras 1.3a y 1.3b. (ver anexo II). En el primero (figura 1.3a), la fuerza está aplicada, a la superficie. En el segundo (figura 1.3b) Por lo tanto, las dos fuerzas de las figuras 1.3a y 1.3b ejercen sobre la superficie la misma presión. En otras palabras, sólo se debe considerar la componente perpendicular (normal) a la superficie, ya que la otra (tangencial) no se aplica sobre ella. Para comprender a qué se llama “distribución en una superficie”, véase la figura 1.4 (en anexo II)

Una fuerza de 6 unidades de intensidad aplicada a una superficie de 6 unidades de área produce la misma presión que una fuerza de 1·unidad de intensidad aplicada a una superficie de 1·unidad de área.

Una manera de hacerlo es comparar la presión atmosférica en la superficie de la Tierra con la presión de otro fluido más denso: un líquido.

La figura 1.5a (ver anexo II) muestra el resultado de un experimento consistente en comparar el peso de una columna atmosférica con el de una columna de agua (azul). La parte representada en color rojo podría estar constituida por cualquier fluido porque, siendo la sección del tubo constante y estando la columna en equilibrio, las fuerzas aplicadas a ambos lados (los pesos de los fluidos) deben ser iguales. (Esta parte trabaja como una prensa hidráulica de secciones iguales en ambos extremos. Un dispositivo tal transmitiría fuerzas: no sería útil para multiplicarlas.)

Las cantidades significativas de moléculas de los gases que la conforman se encuentran incluso a 40·km de la superficie terrestre, se compensa con sólo 10,3·m de agua. (El 99,5% de la masa de la atmósfera está concentrado en los primeros 40·km). Cuando un cuerpo ingresa a la atmósfera terrestre su presión pasa de 0 a valores sucesivamente mayores. En la superficie terrestre, la presión es, por definición 1·atm. Y si se sumerge luego en el mar, cada vez que el cuerpo gana 10·m de profundidad, la presión se incrementa (ver figura 1.6 (ver anexo II)), en números redondos, en una unidad.

Si se hiciera uso de un fluido más denso, la altura sería correspondientemente menor. Con este objetivo es que se ha hecho uso tradicionalmente del mercurio, cuya densidad es 13,6 veces mayor que la del agua. La altura de la columna de mercurio que compensa a la presión atmosférica (es decir, a los 10,3·m de agua) es:

$$\frac{10,3 \text{ m}}{13,6} \simeq 0,760 \text{ m} = 760 \text{ mm}$$

La forma que el medidor de presión atmosférica adopta en la práctica es la que se muestra en la figura 1.7 (ver anexo II). Este instrumento, conocido como *barómetro de Torricelli*, consiste en un tubo lleno de mercurio que, al invertirlo, deja una cámara vacía en la parte superior. De

acuerdo a lo señalado más arriba, la presión que ejerce el mercurio compensa a la que produce la atmósfera.

El barómetro no debe ser confundido con el manómetro, instrumento usado para medir presiones en recipientes cerrados. Este último adopta distintas formas, una de las cuales, conocida como *tubo en U*, se representa en la figura 1.8 (ver anexo II).

El gas en el interior del recipiente presiona al mercurio y eleva el nivel de la columna. En el caso (a) esta presión es compensada por el desnivel del mercurio en ambas ramas. (La cámara está vacía.) En el caso del tubo abierto (b), al desnivel se agrega la presión atmosférica, que juega en el mismo sentido. En otras palabras, la diferencia de nivel entre ambas ramas es 10,3·m de agua o 76·cm de mercurio. **(Luetich J. J. 2003: 23-35).**

En la industria también ha sido usada la “atmósfera técnica” (at), definida como la presión debida a la acción de un kilogramo fuerza (kgf) sobre una superficie de un centímetro cuadrado. Recordemos que 1·kgf corresponde a la fuerza de gravedad actuando sobre una masa de 1·kg, es decir, aproximadamente 9,81·Newtons (N). La “atmósfera técnica” no debe confundirse con la “atmósfera normal” o atmósfera física (atm), definida como la presión debida a una columna de mercurio de (exactamente) 760·mm, bajo condiciones predeterminadas.

Se debe mencionar que existen unidades análogas en los países de habla inglesa, donde resultan de uso frecuente “las libras por pulgada cuadrada” (Psi).

En la actualidad, la comunidad científica internacional ha adoptado el Sistema Internacional (SI), cuyas unidades fundamentales son el metro, el kilogramo y el segundo. Para este sistema la unidad de presión es el newton por metro cuadrado, denominado “pascal” (PA). Debido a que es una unidad muy pequeña y a efectos de facilitar la transición de un sistema a otro, se ha optado por expresar la presión atmosférica en hectopascales (hPA), es decir, en centenares de pascales. El “hectopascal” es idéntico al milibar (1·hPA=1·mb), de modo que no requiere mayor esfuerzo admitir dicho cambio en la denominación.

1.2.1.- MEDICION DE LA PRESION:

El barómetro de mercurio es un instrumento utilizado para medir la presión atmosférica. La palabra barómetro viene del Griego donde: Báros = Presión y Métron = Medida

El primer Barómetro lo ideó Evangelista Torricelli cuando trataba de explicar que las bombas aspirantes no pueden hacer subir el agua más allá de cierta altura.

El barómetro de Fortín se compone de un tubo Torricelliano que se introduce en el mercurio contenido en una cubeta de vidrio en forma tubular, provista de una base de piel de gamo cuya forma puede ser modificada por medio de un tornillo que se apoya en su centro y que, oportunamente girado, lleva el nivel del mercurio del cilindro a rozar la punta de un pequeño cono de marfil. Así se mantiene un nivel fijo.

El barómetro está totalmente recubierto de latón, salvo dos ranuras verticales junto al tubo que permiten ver el nivel de mercurio. En la ranura frontal hay una graduación en milímetros y un nonius para la lectura de décimas de milímetros. En la posterior hay un pequeño espejo para facilitar la visibilidad del nivel. Los barómetros Fortín se usan en laboratorios científicos para las medidas de alta precisión, y las lecturas deben ser corregidas teniendo en cuenta todos los factores que puedan influir sobre las mismas, tales como la temperatura del ambiente, la aceleración de gravedad de lugar. Con vistas a la difusión de los barómetros para mediciones de presión y para la altura se han ideado barómetros metálicos más manejables y económicos que son los digitales y analógicos de diferentes industrias.

El barómetro metálico holostérico está formado por un recipiente aplanado, de superficies onduladas en el que se ha logrado una intensa rarefacción antes de cerrarlo; en una de las caras se apoya un resorte que, con las variaciones de presión atmosférica, hace mover un índice por medio de un juego de palancas. (**Renom Madeleine, 2008: 2**).

1.2.2.- VARIACION DE LA PRESION CON LA ALTURA:

A medida que uno asciende la presión atmosférica decrece. En capas bajas cerca de la superficie la disminución de la presión con la altura es de aproximadamente 1·hPa cada 8·m. Esta relación

va disminuyendo a medida que la altura aumenta, ver Figura 1.9 (ver anexo II) (**Renom Madeleine, 2008: 5**).

1.2.3.- VARIACIÓN DE LA PRESIÓN.

En un fluido en reposo. Si un fluido esta en equilibrio cualquier elemento de volumen lo estará también.

El elemento tiene área dA y peso $\rho \cdot g \cdot dV$, entonces $\rho \cdot g$ (peso específico), analizando el equilibrio de fuerzas en la dirección vertical.

$$P \cdot dA - (P + dP) \cdot dA - \rho \cdot g \cdot dV = 0 \quad (a) \quad \frac{dP}{dy} = -\rho \cdot g \quad (b).$$

Se denomina

ecuación fundamental de la estática de fluidos, Si ρ es constante la ecuación se puede integrarse.

y en el Nivel de referencia de la ecuación (b) se obtiene $dP = -\rho \cdot g \cdot dy$ integrando

$$\int_{P_1}^{P_2} dP = -\rho \cdot g \cdot \int_{y_1}^{y_2} dy \quad (34) \quad P_2 - P_1 = -\rho \cdot g \cdot (y_2 - y_1) \quad (c) \quad P_1 - P_2 = \rho \cdot g \cdot (y_2 - y_1) = \rho \cdot g \cdot h \quad (d)$$

si

$P_2 = P_0$ (presión atmosférica se obtiene $P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$) **Nota** $dy = -dz$

Se trata de encontrar la P a una altura y sobre el nivel del mar, considerando a 1 Atm isotérmica y la gravedad casi permanece constante. Isotérmica (temperatura constante) de acuerdo al enunciado se puede establecer una proporción entre la P y y , $P \propto y$ corresponde a la altura y P_0 corresponde a la altura del nivel del mar

$$\frac{P}{P_0} = \frac{y}{y_0} \quad \text{...} \quad \frac{P - P_0}{P_0} = \frac{y - y_0}{y_0} \quad dP = \frac{P_0}{y_0} \cdot dy; \text{ Integrando } \int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = \frac{P_0}{y_0} \int_{y_0}^y \frac{dy}{y}, \ln \left(\frac{P}{P_0} \right) = \frac{P_0}{y_0} \cdot \ln \left(\frac{y}{y_0} \right), \frac{P}{P_0} = \left(\frac{y}{y_0} \right)^{P_0/y_0}, P = P_0 \cdot e^{\frac{P_0}{y_0} \cdot (y - y_0)}$$

$$g = 9.78 \frac{m}{s^2}, \quad \rho = 1.20 \frac{kg}{m^3}, \quad 20^\circ C, \quad P_0 = 1.013 \times 10^5 \frac{N}{m^2}, \quad \rho_{Hg} = 13600 \frac{kg}{m^3} \quad a = \frac{P_0}{\rho \cdot g}, \quad a = 10.116 \text{ km}.$$

(Goldemberg José, 1970: 271).

1.2.4.- CAMBIOS DE PRESIÓN CON LA PROFUNDIDAD

Partiendo del nivel del mar con 15° centígrados de temperatura, una presión de 760 mmHg (o Torr), en el que la presión atmosférica ya se ha descrito, habrá que sumar a esta la debida a la profundidad, que sigue una relación de incremento proporcional a medida que nos sumergimos.

Cada 10·m que nos sumergimos incrementaremos la presión en 1·atm. Así por ejemplo a 10·m de profundidad en el mar la presión será de 2·atm, a 20·m de 3·atm, a 25·m de 3,5·atm y a 50·m será de 6·atm. (**Aguado Jódar Xavier, s/a: 7**).

1.2.5.- PRESIÓN PARCIAL DE UN GAS

La composición de la atmósfera es prácticamente invariable desde el nivel del mar hasta los 70·Km de altura. Los gases más pesados no ocupan las capas más bajas y los menos pesados las más debido a que la atmósfera se agita y remueve constantemente por los fenómenos atmosféricos.

A parte de la humedad, la composición es la siguiente:

- 78% nitrógeno.
- 21% oxígeno.
- 1% anhídrido carbónico, hidrógeno, metano, ozono, gases nobles, subóxido de nitrógeno, anhídrido sulfuroso, dióxido de nitrógeno, yodo, cloruro sódico, amoníaco, óxido de carbono. (**Aguado Jódar Xavier, s/a, Pág. 7**).

1.2.6.- RELACIÓN ENTRE PRESIÓN Y ALTURA

La Universidad de Valladolid (Departamento, de Energía y Fluido), nos proponen la siguiente ecuación $P = P_0 \cdot \left(1 - \frac{Z}{2,2556 \times 10^4}\right)^{5,2561}$ (**Renom Madeleine, 2008: 7**), donde Z es la altura donde uno se encuentre, P_0 es la presión a nivel del mar; y los valores calculados que se muestra en la tabla 1. La presión y la altitud vienen expresadas en Pascales [Pa] y metros [m] respectivamente. La ecuación se ajusta bastante bien a esos valores, por lo se ha decidido implementarla los resultados.

z [m]	P [Pa]	z [m]	P [Pa]	z [m]	P [Pa]
0	101325	3500	65700	7000	41100
500	95400	4000	61600	7500	38200
1000	89800	4500	57700	8000	35600
1500	84500	5000	54000	8500	33100
2000	79500	5500	50500	9000	30800
2500	74600	6000	47200	9500	28500
3000	70100	6500	44000	10000	26400

Tabla 1 Variación de presión con la altura
Fuente: Renom Madeleine

Es una ecuación de uso estandarizado internacionalmente, en esta ecuación se considera el gradiente. Vertical de temperatura, de ahí su mayor precisión. Claro que también pueden existir ecuaciones empíricas obtenidas en condiciones locales que tengan mayor precisión, pero a falta de éstas se puede usar dicha expresión.

Es una nueva formula estandarizada, para alturas sobre 200·mmnm; es más exacta con mayor precisión.

$$P = 101325(1 - 2.255769564 \cdot 10^{-5} \cdot H)^{5.256}$$

1.3.- ENFERMEDAD POR ALTURA

La enfermedad por altura es una definición amplia que se utiliza para agrupar alteraciones funcionales asociadas con la hipoxia hipobárica (baja concentración de oxígeno que se presenta a medida que se asciende en un terreno inclinado).

La definición incluye patologías como la enfermedad aguda de montaña (EAM), el edema cerebral por altura (ECA) y el edema pulmonar de altura (EPA). En algunas áreas andinas el término utilizado para describir éstos síntomas es .Soroche.

En términos médicos, la altura se define como una elevación mayor a 1.500·m y se divide en 4 grupos específicos:

- a. Elevación intermedia (1.500. 2.500·m)
- b. Elevación alta (2.500. 3.500·m)

- c. Elevación muy alta (3.500- 5.800·m)
- d. Elevación extrema (> 5.800·m)

La máxima altura en la superficie terrestre está registrada en el monte Everest 8.850·m. A nivel mundial, muchos habitantes de territorios con menos de 1.500·m de elevación, realizan ascensos con propósitos deportivos, comerciales, laborales, entre otros. Esto lleva a exponerse a la altura y a presentar los síntomas de la enfermedad. La mayoría de pobladores autóctonos de las alturas conocen muy bien la sintomatología y los peligros que puede representar la aparición de éstos durante un ascenso.

En general, la hipoxia hipobárica es el resultado de la caída de la presión barométrica al ascender desde el nivel del mar. En este nivel, la presión normal es de 760·Torr. En la troposfera (capa más baja de la atmósfera) que va de los 0·m a los 12.000·m, la presión barométrica puede descender incluso hasta los 150·Torr a medida que se gana altura. La concentración de oxígeno en la atmósfera varía al igual que la presión parcial de oxígeno (Tabla 2).

Altitud metros	Altitud pie	Presión Barométrica mmHg	Presión Parcial de O ₂ mmHg	Fracción Inspirada de O ₂ kPa (%)	Saturación Arterial de Oxígeno SaO ₂ (%)
0	0	760	159	21	100
100	3280	674	142	18,9	90
300	9840	526	111	14,7	80
500	16400	405	85	11,3	70
800	26240	267	56	6,2	70

Tabla 2 Relación entre las diferentes presiones de acuerdo con la altura ganada
Fuente: Camargo Luis A.

Es importante tener en cuenta que por encima de los 3.500·m los sistemas de baja presión y las tormentas pueden desencadenar cambios en la presión barométrica, simulando condiciones de elevaciones extremas aun en elevaciones muy altas.

El grado final de hipoxemia celular y tisular depende de factores adicionales propios del individuo, como la función pulmonar, la afinidad de la hemoglobina con sus variaciones y las enfermedades o condiciones preexistentes. El individuo puede adaptarse. A la altura dentro de un proceso denominado aclimatación; esto se da en condiciones cercanas a los 6.000·m de altura (elevación más alta poblada por humanos). Por encima de esta altura, las posibilidades de

compensación del cuerpo son mínimas y la aclimatación sólo puede ser transitoria. Si un ser humano persiste mucho tiempo expuesto a elevaciones mayores de 6.000·m puede fallecer por hipoxia hipobárica.

Las definiciones de cada una de las patologías que conforman la enfermedad por altura son las siguientes:

Enfermedad aguda de montaña (EAM): también conocida como mal de montaña, se presenta en las primeras 6 a 12 horas de un ascenso por encima de los 2.500·m. La incidencia puede estar entre 15-50% en los primeros 2 días, disminuyendo a un 10-20% luego de 24 a 48 horas de aclimatación. Esta sintomatología resuelve espontáneamente en las primeras 48 horas.

Se considera leve si la sintomatología mejora antes de 12 horas o moderada si persiste por más de 12 horas. Para su diagnóstico deben cumplirse uno o más de los siguientes criterios:

- a. Cefalea
- b. Anorexia, náusea o vómito
- c. fatiga o debilidad
- d. Vértigo o mareo
- e. Insomnio

(Criterios del Consenso de Lake Louis).

Estos síntomas deben presentarse en ausencia de cualquier otra patología, especialmente ansiedad; se producen generalmente por cambios vasculares cerebrales reflejos por la hipoxia.

Edema cerebral por altura (ECA) o síndrome cerebral de la enfermedad por altura: esta progresión de la enfermedad de alta montaña se caracteriza por la presencia de un cuadro neurológico que se manifiesta días después de los síntomas anteriores. Los criterios para su diagnóstico incluyen:

Alteración de la esfera mental (desorientación, confusión, alucinaciones) con progresión a la alteración de conciencia (somnolencia, stupor y coma). Además, puede presentarse ataxia caracterizada por alteración de la coordinación. La incidencia es realmente baja, entre un 0,5 y un

2%, en los días posteriores a ascensos mayores de 3.500·m. Puede manifestarse tan tardíamente como 5 a 7 días después de iniciados los síntomas de la enfermedad de alta montaña. Este cuadro debe ser reconocido rápidamente, ya que pasarlo por alto puede desencadenar progresión de los síntomas con focalización y muerte por hernia cerebral. **(Camargo Luís A.: s/a,: 1-3).**

1.4.- MANÓMETROS

Es un dispositivo utilizado en la medición de diferencias de presión. Consta principalmente de un tubo en U de vidrio o plástico que contiene uno o más fluidos como agua, alcohol, aceite. Para mantener el tamaño del manómetro dentro de límites manejables se usan fluidos pesados, como el mercurio, si se prevén grandes diferencias de presión.

Existen una gran variedad de manómetros, sin embargo, uno de los más utilizados es el manómetro tipo Bourdon el cual consta de un tubo metálico hueco, doblado como un gancho, cuyo extremo se cierra y se conecta a la aguja de un indicador de carátula. Cuando el tubo se abre a la atmósfera, queda sin cambiar de forma, y en este estado, la aguja de la carátula se calibra para que dé la lectura cero. Cuando se presuriza el fluido que está en el tubo, éste tiende a enderezarse y mueve el agua en proporción a la presión aplicada. Este dispositivo se muestra en la figuras 1.10, 1.11 y 1.12 (ver anexo II).

Existen otros tipos de medidores tales como, transductores de presión elásticos, piezoeléctricos, entre otros las partes de los manómetros Bourdon se los aprecia en las figuras 1.13 y 1.14 (ver anexo II) **(Hibbeler, R. C., 1998. 1).**

1.4.1.- CRITERIOS DE SELECCIÓN

El usuario debe asegurarse de que se ha seleccionado el manómetro correcto en cuanto al rango de indicación y acabado (p. ej. Resistencia de los materiales a la sustancia medida, a la atmósfera y la temperatura, seguridad contra sobre presión, etc.). **(Beierfeld GmbH, 2000: 1).**

1.4.2.- PRINCIPIOS DE MEDICIÓN

Los manómetros de manejo contienen órganos medidores que se deforman bajo la influencia de una presión elástica. Este movimiento se transmite a un mecanismo indicador. Debido a su resistencia y fácil manejo, estos aparatos (manómetros) están ampliamente difundidos en el campo de la medición técnica de presión. Los órganos medidores están contruidos normalmente con aleaciones de cobre o aceros aleados. **(Beierfeld GmbH, 2000: 3).**

1.4.3.- MANÓMETROS CON TUBO DE BOURDON

Los tubos de Bourdon son tubos curvados en forma circular de sección oval. La presión a medir actúa sobre la cara interior del tubo, con lo que la sección oval se aproxima a la forma circular. Mediante el acodamiento del tubo de Bourdon se producen tensiones en el borde que flexionan el tubo. El extremo del tubo sin tensar ejecuta un movimiento que representa una medida de la presión. Los tubos de Bourdon tienen una fuerza de retorno relativamente baja. Por ello, debe tenerse en cuenta su influencia en la indicación. Los órganos de medición de tubo de Bourdon solamente pueden protegerse contra sobrecarga de manera limitada mediante el apoyo del órgano medidor con un valor límite de presión. Los manómetros de tubo de Bourdon se utilizan para tensiones de medición de 0 a 4 bar.

La influencia de la modificación de la temperatura sobre la indicación está determinada fundamentalmente por la evolución de la temperatura del módulo de elasticidad del tubo de Bourdon. El error causado por la temperatura, según el material, está entre 0,3% y 0,4% cada 10⁰K. **(Beierfeld GmbH, 2000: 3).**

1.4.4.- RANGOS DE INDICACIÓN

La tensión de régimen debería estar en el tercio central del rango de indicación del manómetro. La carga de presión máxima no debería superar el 75% del valor final de escala con carga en reposo o el 65% del valor final de escala con carga dinámica.

1.4.5.- CONDICIONES DE USO

Para seleccionar manómetros deben tenerse en cuenta la selección y las recomendaciones de montaje que se utilizan para mediciones de precisión, preferentemente en laboratorios y talleres.

1.4.6.- TEMPERATURA

Si la temperatura de la sustancia a medir es diferente en el lugar de medición de la temperatura de servicio permitida del presiómetro, debe intercalarse una línea de medición suficientemente larga, un tubo sifón o un elemento intermedio de presión con tubo capilar hacia el presiómetro. Debe tenerse en cuenta la influencia sobre la indicación debido a las temperaturas de los aparatos diferentes a +20 °C. **(Beierfeld GmbH, 2000: 4).**

1.4.7.- APARATOS ADICIONALES

Dispositivos de cierre para presiómetros. Se recomienda montar un dispositivo de cierre entre el lugar de toma de la presión y el presiómetro, que permita cambiar el presiómetro y un control del punto cero con la instalación en marcha.

Según el objetivo de aplicación se usan grifos o válvulas. Los grifos tienen tres posiciones:

- Escape: La acometida está cerrada y el órgano medidor está conectado a la atmósfera.

Puede controlarse el punto cero.

- Servicio: La acometida está abierta, el órgano medidor se encuentra bajo presión.

- Soplado: La acometida está abierta, la sustancia a medir escapa a la atmósfera. El órgano medidor está fuera de servicio.

Dispositivos de protección contra sobre presión Si por motivos de servicio se selecciona un rango de indicación menor a la presión de servicio máxima, el presiómetro puede protegerse

contra daños anteponiendo un dispositivo de protección contra sobre presión. (**Beierfeld GmbH, 2000: 5**).

1.4.8.- DISPOSICIONES DE LA MEDICIÓN

Tubo de toma de la presión El tubo de toma de la presión debe colocarse en un lugar en el que existan un caudal sin obstrucciones y unas condiciones de medición uniformes. Se recomienda seleccionar el orificio para la toma de la presión suficientemente grande y cerrar el tubo de toma por medio de un órgano de cierre.

La línea de medición es la conexión desde el tubo de toma hasta el manómetro. El diámetro interior de la línea debe ser suficientemente grande para evitar obstrucciones. La línea de medición debe tenderse con una inclinación constante. Cuando la sustancia a medir sean gases (aire), debe disponerse en el punto más bajo de un desagüe, en el punto más alto de una ventilación. La línea de medición debe ejecutarse y montarse de manera que pueda absorber las cargas que se produzcan debido a dilatación, (por presión) vibración etc.

Dispositivos de cierre en el manómetro los dispositivos de cierre en el manómetro sirven para el control del punto cero o para cambiar el medidor con la instalación en marcha.

La diferencia de altura entre el tubo de toma y el manómetro produce un desplazamiento del valor inicial de medición si la sustancia a medir que hay en la línea de medición no tiene la misma densidad que el aire ambiente. El desplazamiento del inicio de la medición P se obtiene de la diferencia de densidad ($\rho_M - \rho_L$) y la diferencia de altura h : $\Delta P = (\rho_M - \rho_L) \cdot g \cdot h$

ΔP XDesplazamiento comienzo medición, en: Pa

ρ_M XDensidad sustancia a medir, en: $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

ρ_L XDensidad del aire (1,205 a 20 °C), en: $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

h XDiferencia de altura, en: m

g XAceleración terrestre (aceleración terrestre media $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)

La indicación se reduce en ζ_p cuando el manómetro está más alto que el tubo de toma de la presión y se aumenta en ζ_p cuando está más bajo. **(Beierfeld GmbH, 2000. 6).**

1.4.9.- MONTAJE

El montaje de los manómetros debe realizarlo exclusivamente personal técnico cualificado. Los manómetros, cuando se monten y desmonten no deben sujetarse por el cuerpo sino por la superficie para la llave del soporte de muelle.

Debe comprobarse que se ha seleccionado la conexión apropiada para la sustancia a medir (diámetro o lámina de estanqueidad apropiada, etc.).

Para poder ubicar el medidor en una posición en la que pueda leerse correctamente, si la conexión es de rosca se recomienda el montaje con manguito de tensión o tuerca de racor.

En las conexiones embridadas, el medidor se coloca sobre la contrabrida y las bridas se unen entre sí con los tornillos apropiados. Debe comprobarse el firme apriete de los tornillos.

Las conexiones deben ser herméticas. Por ello, es necesario utilizar para la unión las juntas apropiadas de material resistente a la sustancia a medir. Para sellar las conexiones de medición de la presión con espigas roscadas cilíndricas deben utilizarse, por ejemplo, juntas planas en la superficie de contacto, o juntas perfiladas, o bien prensaestopas con las conexiones de alta presión correspondientes. En las roscas cónicas se efectúa el sellado en la rosca con materiales de obturación adicionales, ver figura 1.15 (ver anexo II), como por ejemplo, cinta PTFE (teflón).

En los manómetros con una abertura de descarga de la presión de Ø13·mm en el perímetro del cuerpo superior se recomienda para la gama de medición < 6·bar hacer que el aparato puede ventilarse cortando la boquilla del tapón de llenado para compensar la presión interior.

Si el manómetro está más bajo que el tubo de toma de la presión, antes de la puesta en servicio tiene que lavarse bien la línea de medición para eliminar cuerpos extraños.

Al llenar por presión las tuberías o contenedores, el manómetro no debe soportar una carga superior a la marca límite en el cuadrante o no debe superarse el límite de uso prefijado del manómetro con carga en reposo. **(Beierfeld GmbH, 2000: 7).**

1.4.10.- FUNCIONAMIENTO

Los dispositivos de cierre sólo deben abrirse lentamente para evitar golpes de presión al efectuar la puesta en servicio.

1.4.11.- ÁREA DE APLICACIÓN

El área de aplicación para la carga en reposo está señalizada en muchos presiómetros mediante una marca de limitación en el cuadrante.

Como los manómetros de tubo Bourdon, son seguros contra sobre presión 1,3x (en acabado especial también más).

1.4.12.- COMPROBACIÓN DEL PUNTO CERO

Para comprobar el punto cero del presiómetro durante el servicio, se cierra el dispositivo de cierre necesario y se descarga el presiómetro. El indicador debe estar dentro del rango señalizado en el punto cero.

Si el indicador está fuera de este rango, puede suponerse que existe una deformación permanente del órgano medidor que requiere una comprobación más exacta para prevenir accidentes debido a un error de medición. Por ello, el aparato debe cambiarse y enviarse para su comprobación y reparación, si procede. **(Beierfeld GmbH, 2000: 7).**

1.4.13.- COMPROBACIÓN DE LA INDICACIÓN

Si es necesaria una comprobación de la indicación durante el funcionamiento, el manómetro se separa del proceso por medio del dispositivo de cierre necesario para ello con conexión de prueba y se somete a una presión de prueba. Se aplican los márgenes de error.

1.4.14.- TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO

No tiene que superarse la temperatura de funcionamiento permitida del manómetro.

La resistencia a la temperatura o la temperatura de funcionamiento permitida es en general de un máximo -20 °C a +60 °C. **(Beierfeld GmbH, 2000. 8).**

1.4.15.- MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

En general, los manómetros no necesitan mantenimiento. Las reparaciones tiene que llevarlas a cabo exclusivamente el fabricante. Antes de enviar un aparato para su reparación, las piezas que han estado en contacto con la sustancia a medir deben limpiarse cuidadosamente, en especial cuando sea una sustancia peligrosa. **(Beierfeld GmbH, 2000: 8).**

1.5.- MANOMETROS DIGITALES

El modelo DIGIGAUGE de; alta precisión 0.1%; versión ex cenelec; versión con salida; analógica; caja de acero inoxidable; pilas alcalinas standard tipo AA (3·V), vida media un año de operación continua; gran variedad de rangos desde vacío hasta; 40·Bar.

Este manómetro digital está diseñado para poder usarlo en dos aplicaciones, como manómetro de alta precisión montado directamente en el proceso, o como manómetro patrón para calibrar otros medidores de presión, ver Figura 1.16. **(G.U.N.T. Gerätebau, s/a: 1)**

El DIGIGAUGE es un manómetro digital de alta precisión y alta resolución, está montado en una caja muy robusta de acero inoxidable con protección para intemperie. Por su diseño, puede montarse directamente en el proceso, lo que permite usarlo como indicador de precisión en procesos críticos.

El sensor es del tipo galga extensiométrico “strain-gauge” e incorpora un diafragma cerámico que permite su uso con la mayoría de los líquidos y los gases.

Está alimentado por dos pilas alcalinas standard tipo AA (3·V), la vida media de las baterías es de un año de operación continua. Puede montarse en los puntos más críticos o difíciles sin necesidad de ningún mantenimiento entre las recalibraciones anuales.

Puede suministrarse con certificados de calibración traceable u oficial y con temperatura de operación compensada, la conexión puede ser trasera o inferior. **(G.U.N.T. Geratebau, s/a: 1).**

1.5.1.- APLICACIONES

La alta precisión y el indicador de 6 dígitos permiten su uso como patrón en sistemas de calibración sustituyendo a los delicados manómetros analógicos.

Cubre una amplia gama de presiones desde vacío a 20·Bar, se puede suministrar con conexiones para la industria alimentaria o con sellos separadores para aplicaciones muy corrosivas. Se pueden hacer calibraciones especiales para indicar el contenido de depósitos y tanques. Las unidades de medida también se pueden modificar. **(G.U.N.T. Geratebau, s/a: 2).**

1.5.2.- COMPENSACIÓN DE LA TEMPERATURA

Todos los manómetros están calibrados a 20°C (al nivel del mar), si van a estar a otras temperaturas se pueden calibrar para la aplicación específica. Los instrumentos que van a trabajar en un amplio margen de temperaturas se pueden suministrar con un rango de temperatura compensado para auto corregir la deriva del cero y el span, ver Figura 1.17 (ver anexo II) **(G.U.N.T. Geratebau, s/a: 2).**

1.6.- EXPERIMENTOS FUNDAMENTALES MEDICIÓN DE PRESIÓN

Comparación entre diversos modos de medición de la presión Ligero equipo de mesa El panel de manómetros del equipo WL203 permite realizar mediciones de la presión con ayuda de un manómetro de tubo en U relleno de líquido y de un manómetro de tubo inclinado ver Figura 1.18 y 1.19 (ver anexo II).

Para demostración de un método de medición alternativo, el panel dispone de un manómetro de aguja para indicación de la presión y otro para indicación del vacío. El calibrador para manómetro de aguja correspondiente al WL203 permite la verificación y ajuste de registradores mecánicos de la presión. El equipo incluye un manómetro de Bourdon con disco graduado transparente. Las presiones de ensayo se generan con el inyector adjunto a través de mangueras de empalme de plástico conectadas.

Ensayos Aprendizaje de diferentes modos de medición de la presión

- Modo operativo de un manómetro de Bourdon
- Mediciones de presión con manómetro de tubo en U y manómetro de Bourdon
- Calibración de manómetros. **(G.U.N.T. Geratebau, s/a: 3)**

1.7.- CAMILLA

Camilla de diseño especial que permite deforma cómoda, para paciente y terapeuta, la práctica de masaje y manipulación especialmente cuando se requiere el desplazamiento de la camilla o implemente debemos liberar espacio en nuestra sala, asegurando una estabilidad, confort y robustez propio de las camillas rígidas, ver Figura 1.20 (ver anexo II).

Especificaciones Bastidor de tubo extrusionado de duraluminio.

-) Refuerzo estructural en zonas de carga crítica.
-) Tapizado en símil piel azul de tacto sedoso.
-) Almohadillado semi-blando de 6·cm.
-) Marco protector de aluminio.
-) Patas de protección con camilla cerrada.
-) Asidero cómodo y resistente ABS.
-) Peso máximo de paciente 135·kg.
-) Medidas extendida 1,85x0,62·m.
-) Medida cerrada 0,92x0,62x0,20·m. **(Guarantee, s/a: 1)**

1.8.- INTERCOMUNICADOR ELECTRÓNICO

Muchas veces tenemos la necesidad de comunicar dos puntos de un lugar y la instalación de una central telefónica no se llega a justificar plenamente. Para esos casos tenemos este simple circuito que nos permitirá hablar entre dos o más puestos de la misma forma que se hace con un radio de una vía pero con un sistema cableado, ver Figura 1.21 en anexo II.

El circuito está formado por dos bloques bien marcados. El primero de ellos, un preamplificador de baja impedancia de entrada es el encargado de elevar el nivel de la señal captada por el parlante cuando éste actúa como micrófono. El segundo bloque, un amplificador de potencia integrado, eleva a 1W aproximadamente la potencia de la señal preamplificada por el transistor a fin de que pueda viajar por el cableado hasta llegar a las otras estaciones. Un selector múltiple nos permite colocar el sistema en modo escucha o habla. Estando en modo habla (el modo graficado en el circuito) el parlante es utilizado como micrófono e ingresa al pre para luego ser amplificado por el LM386 y así ir a los otros intercomunicadores. En posición habla, además, el sistema es energizado para que pueda funcionar la electrónica al tiempo que un LED indica este estado. Cuando colocamos el selector en modo escucha la alimentación es cortada del sistema y el parlante queda conectado directamente al cableado de la línea para poder escuchar lo que otras estaciones nos digan, ver figuras 1.21 y 1.22 (ver anexo II). El control de volumen permite regular la potencia de salida por si del otro lado satura o se escucha débil. El pulsador de llamada realimenta el amplificador de salida haciéndolo auto-oscilar y produciendo en las otras estaciones un pitido a modo de llamada o atención.

El circuito se alimenta con 9·V que bien pueden provenir de una pila o de una fuente y tiene un consumo máximo de 4.3·mA.

Utilización:

-) Presionar el pulsador de modo en la posición Hablar y no soltarlo.
-) Presionar el pulsador de Llamador durante uno o dos segundos.
-) Hablar el mensaje al parlante con vos normal.
-) Cuando termine de hablar soltar el pulsador Hablar

Las otras estaciones podrán hacer el mismo trabajo para comunicarse.

(<http://www.pablin.com.ar>, s/a, : 1).

CAPITULO 2

DESCRIPCIÓN DE LA CAMARA HIPERBARICA MONOPLAZA

2.1.- LA CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA HIPERBÁRICA MONOPLAZA

En esta fase se logro todas las tareas trazadas en la construcción de la cámara el técnico (Don Camilo Mamaní), hizo todo el trabajo de soldadura, según las normas ISO. A continuación se detalla las etapas de la construcción:

- ✓ Primero ha construido el cilindro.
- ✓ Luego los dos hemisferios.
- ✓ Luego soldó uno de los hemisferios con la puerta y sus respectivos soportes.
- ✓ Las ventanas (cuatro) y sus respectivos orificios para los pernos.
- ✓ Tablero de mando solo dejo los orificios (cinco) necesarios.
- ✓ La camilla móvil.
- ✓ También soldó las boquillas (6) cuyo diámetro es 0,0127·m.
- ✓ Lijo por dentro y fuera y lo macillo las partes ásperas para luego pulir.
- ✓ Pinto por fuera: primero y segunda mano de color azul y veis y por dentro de color veis.
- ✓ Coloco 4 ruedas (para poder trasladar de un lugar a otro).
- ✓ Construyo un soporte para la estabilidad de la cámara.

Una vez construido la construcción la cámara por Don Camilo, se lo traslada a la Facultad de Medicina (Universidad Autónoma Tomás Frías).

2.2.- CAMARA HIPERBARICA MONOPLAZA

2.2.1.- DESCRIPCION

Recipiente hermético que contiene un medio gaseoso con el paciente aislado de la atmósfera circulante, donde con ayuda del sistema neumático y dentro de los límites deseados, cambia la presión de trabajo, la temperatura, humedad, y la composición del medio gaseoso en el interior de la cámara.

Son cámaras pequeñas, utilizadas para la oxigenación hiperbárica de un solo paciente. Generalmente son presurizadas por aire y el paciente no requiere el uso de mascarilla.

2.2.2.- CARACTERISTICAS TECNICAS

-) Tensión admisible: 20,74·kg/mm².
-) Tensión de influencia: 26,97Kg/mm².
-) Máxima presión de prueba: 1252·mmHg.
-) Máxima presión de trabajo: 656·mmHg.
-) Coeficiente de seguridad: 1,3
-) Diámetro interior: 850·mm.
-) Longitud Total: 2.50·m.
-) Espesor: 3,2·mm
-) Ancho Total: 1,10·m
-) Altura Total: 1,20·m
-) Volumen interno: 1.418·m³ (1418,625·litros).

2.2.3.- EQUIPAMIENTO Y COMODIDADES INTERNAS

-) Camilla móvil, con mecanismo de ingreso y salida tipo telescópico que permite el fácil ingreso/salida del paciente a la cámara, sin necesidad de colocar apoyos externos.
-) Sistema de presurización con aire, con válvulas especiales y manómetros de control.
-) Sistema de regulación automática de presión de tratamiento con manómetro de control.
-) Sistema automático de barrido de aire con flujo regulable según requerimiento del cliente.
-) Sistema manual de recirculación y purificación del aire interno con flujo regulable según requerimiento del cliente.
-) Sistemas de presurización y despresurización controladas con flujo regulable para cada paciente.
-) Perforaciones y aditamentos necesarios para la colocación de equipos médicos opcionales. A requerimiento del cliente.
-) Sistema de entretenimiento para el paciente con parlantes internos para música ambiental.
-) Válvula de seguridad automática para eliminación de sobre cargas de presión.

2.3.- DESCRIPCIÓN DE LA CAMARA HIPERBARICA MONOPLAZA

La cámara hiperbárica tiene los siguientes elementos, que se describen, a continuación:

-) Puerta hermética.
-) Tablero de mando.
-) Camilla móvil.
-) Ventanas (cuatro) de vidrio estructural fijo.
-) Ruedas (cuatro).
-) Pintado por dentro y fuera, con pintura especial.
-) Intercomunicador electrónico.
-) Compresora.

2.3.1.- PUERTA HERMETICA

La puerta de dimensión de 0,925x0,925·m y esta diseñado para soportar altas presiones en especial para 16·Psi, solo debe trabajar a una presión de 3Psi, también tiene 8 mecanismos para ajustar a voluntad del usuario, y dos gomas estructurales en cada lado de la puerta y la cámara (ver Anexo IV).

2.3.2.- TABLERO DE MANDO

El tablero de mando (dimensiones 1,07x0,96·m), tiene 3 manómetros mecánicos; dos manómetros con dos escalas 0-30·Psi y 0-2·bar; y el otro manómetro es combinado con un termómetro, cuya escala varia de 0-120⁰C, y el manómetro cuya escala varia de 0-4·bar.

Un termómetro digital mide la temperatura dentro la cámara hiperbárica. El manómetro digital registra la presión y temperatura; y fue desarrollada por el Licenciado Eduardo Choque Mamani, (ver Anexo IV).

Se tiene una llave de presurización (ingreso de aire) de abierto y cerrado; ver Anexo IV y otra llave de despresurización (escape de aire); las posiciones son dos de abierto y cerrado, ver Anexo IV.

2.3.3.- CAMILLA MOVIL (ver Anexo IV).

La camilla móvil tiene las siguientes características:

-) Construida de acero angular.
-) Rectangular 0,65x2,035x0,035·m.
-) Marco de acero pintado 0,65x2,035·m
-) Tapizado en tela vinílica.
-) Goma espuma de alta densidad 1,825x0,28·m
-) Altura: 0,125·m.

2.3.4.- VENTANAS

Son 4 ventanas de acrílico transparente (vidrio estructural) de 0,37x0,235·m y esta sujeto con 8 pernos, (ver Anexo IV).

2.3.5.- RUEDAS

Las ruedas (cuatro) sirven para trasladar la cámara hiperbárica de un lugar a otro, con sus respectivos seguros: On y off, ver Anexo IV.

2.3.6. PINTADO

Se ha emplastecido, enmasillado y lijado la superficie de la cámara tanto internamente como externamente luego se pinto por dentro y fuera, con pintura especial de secado rápido de colores azul y blanco, ver Anexo IV.

2.3.7.- INTERCOMUNICADOR ELÉCTRICO

Dispositivo intercomunicador de anidad personal, caracterizado esencialmente por el hecho de estar compuesto por un elemento emisor/receptor de señales, un procesador y un conjunto de elementos de salida de la información procesada.

Dispositivo intercomunicador de anidad personal, según reivindicación caracterizado por poseer una fuente de alimentación, un interruptor y una pantalla líquida, que tiene las siguientes características un auricular y un micrófono, junto a un emisor receptor de radio.

El intercomunicador nos sirve para comunicarnos con los pacientes que están dentro la cámara hiperbárica, ver Anexo IV.

2.3.8.- DESCRIPCIÓN DE LA COMPRESORA MSV 6/30 (Compresor a pistón sin aceite)

Aplicación. La compresora a pistón sin aceite de aire deben ser utilizado sólo para la compresión de aire atmosférico, hasta la presión máxima que indicada en la placa de identificación/Adhesivo informativo.

Principales componentes y sus funciones

1. **Bloque compresor**- aspirar y comprime el aire atmosférico
2. **Reservatorio** (tanque) de aire- acumula el aire comprimido
3. **Motor eléctrico con protector térmico** – accion el bloque compresor
4. **Presostato** - controla el funcionamiento del compresor sin exceder a la presión máxima de trabajo permitida.
5. **Válvula de seguridad** – despresuriza el reservatorio (tanque) de aire en un eventual subida de la presión sobre la máxima permitida.
6. **Válvula de retención (chequeo)** –refiere al aire comprimido en el interior del reservatorio (tanque) de aire evitando su retorno cuando el bloque compresor para.
7. **Purgador**- utilizado para retirar el condensado (agua) contenido en el interior del reservatorio (tanque) de aire.

8. **Manómetro** –indica la presión manométrica en el interior del reservatorio (tanque) de aire en ibf/pulg, barg o Psig
9. **Registro regulador de presión** –utiliza para ajustar la presión de trabajo y liberar el aire comprimido. La presión de trabajo es ajustada a través de la escala comprimido.
10. **Serpentina (s) de descarga** conduce y resfría el aire comprimido
11. **Filtro de aire** –retiene las impurezas contenidas en el aire atmosférico aspirado el compresor.
12. **Placa de identificación del reservatorio (tanque) de aire** – indica los datos técnicos del reservatorio (tanque) de aire.
13. **Placa de identificación/Adhesivo informativo (tanque) de aire** –indica los datos técnicos del reservatorio (tanque) de aire.
14. **Gabinete (cabina) con ventilador** -utilizado para atenuar el ruido del compresor.
15. **Cordón con espiga** –utiliza para conectar el compresor a la red eléctrica, vea Fig. 9 capítulo 7 instalaciones.
16. **Botón de accionamiento con LED Luminoso** –accionar el compresor y el sistema de ventilación del gabinete.
17. **Caja de conexión monofásica** -utiliza para conectar los cables del motor (MSV 12/175 y MSV 18/250) y regla, (contenido señalización de producto energizado) **Nota:** No aplicable a el mercado argentino

Protector térmico –Protege el motor eléctrico contra sobrecarga.

1. **Instalación;** Se instalo el compresor en un área cubierta (cuarto), bien ventilada y libre de polvo y productos inflamables, gases tóxicos, gases humedad o cualquier otro tipo de polución y la temperatura ambiente máxima recomendada para trabajar es de 40° C.
2. **Posicionamiento** Se requiere un espacio mínimo de 8·m. de cualquier pared u obstáculo, a fin de garantizar una buena ventilación, durante el funcionamiento y facilitar eventuales mantenimientos.
3. **Conexión eléctrica** Los cables de alimentación deben ser dimensionados de acuerdo con distancia de la fuente de energía eléctrica.

Antes de conectar el equipo a la red eléctrica, verifique si la tensión indicada en la etiqueta del cable de alimentación, coincide con la tensión local 220V; conectar un dispositivo de protección adecuado. Para saber mas detalles de la compresora MSV 6/30, ver Anexo I.

2.3.- CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS

El proceso de calibración consiste en comparar los valores reportados por el instrumento contra los respectivos valores verdaderos obtenidos mediante el uso de un patrón. Por ejemplo, un manómetro de presión puede ser calibrado comparando su respuesta contra la presión equivalente de una columna de agua leída en un manómetro en U.

Típicamente el resultado de un proceso de calibración se expresa en una grafica de valor real vs. valor reportado por el instrumento. Se obtiene la curva que mejor se ajuste a los puntos experimentales obtenidos.

Cuando la expresión matemática corresponde a una línea, la pendiente indica el grado de calibración del instrumento y la constante indica el error de offset del instrumento.

2.3.1.- PROCEDIMIENTO

-) Llenar el recipiente con aire a presión.
-) Conectar el manómetro tipo Bourdon y un tubo en U al recipiente.
-) Medir la presión directamente del manómetro.
-) Medir la diferencia de alturas de la columna de mercurio.

Análisis de datos

-) Con la altura medida, calcule el valor de la presión arrojada por el dispositivo patrón.
-) Obtenga en una hoja de cálculo una gráfica de presión obtenida con el patrón vs. presión obtenida por el manómetro tipo Bourdon.
-) Mediante el método de mínimos cuadrados obtenga la regresión lineal que mejor se ajusta a los datos experimentales y el valor de correlación.

2.4.- PRUEBAS NEUMÁTICAS

La prueba neumática, consisten en el valor de la presión de prueba y el fluido a usar es aire, la presión neumática de prueba es alcanzada mediante la presión del aire dentro el cilindro. Como ya dijimos anteriormente, no es recomendable efectuar pruebas neumáticas cuando existen fugas

por todas partes, sin embargo, cuando se haga indispensable la práctica de este tipo de prueba, se deberán tomar la siguiente precaución:

Las pruebas neumáticas deben sobrepasar con muy poco la presión de operación, el Código A.S.M.E., recomienda que la presión de prueba neumática sea como máximo 1.25 veces la máxima presión de trabajo permisible y definitivamente deben evitarse en recipientes a presión usados; en especial la fuga en las juntas (goma de la puerta hermética).

2.5.- SEGUIMIENTO AL PROYECTO

Se tuvo varios inconvenientes en la construcción de la cámara hiperbárica en especial en la puerta, se tuvo que modificar porque no suportaba presiones superiores a 2·Psi esta es la razón de colocar 8 grampas metálicas, para la puerta hermética; como también en adquirir los insumos necesarios (manómetros medicinales, barómetros y la compresora (a pistón sin aceite)), para luego implementar el tablero de mando en la cámara hiperbárica monoplaza, para saber mas sobre los inconvenientes, ver Anexo I.

2.6.- USO DE LA CÁMARA HIPERBÁRICA MONOPLAZA

2.6.1.- DESCRIPCIONES DE USO

Está destinada para la realización de sesiones de tratamiento para el método de la oxigenación hiperbárica. Su modelo es de forma cilíndrica en acero y ventanas (acrílico); el paciente es ingresado a su interior por medio del carro porta camilla móvil (deslizable) para recibir su sesión cómodamente acostado(a).

2.6.2.- DEFINICIONES

) **Compresión:** Fase de la Oxigenación hiperbárica en la cual la cámara hiperbárica es comprimida el aire puro hasta alcanzar presiones que van entre 474-587·mmHg. Esta presión (587·mmHg) es previamente determinada por el medico dependiendo de la patología a tratar.

- J **Exposición o Isopresión:** Fase de la Oxigenación hiperbárica (OHB) donde la presión es estable y menor (o mayor) que la atmosférica; es precisamente aquí cuando la OHB, por leyes físicas, presenta sus mayores bondades.
- J **Recirculación:** Fase de la Oxigenación hiperbárica que consiste en hacer circular el aire saturado que hay al interior de la cámara durante toda la fase de exposición, con el fin de eliminar el CO₂ transpirado por el paciente.
- J **Descompresión:** Fase de la Oxigenación hiperbárica donde el oxígeno que se encuentra en el interior de la cámara es gradualmente evacuado por el operario. Esta fase termina cuando la presión interior de la cámara sea igual a la presión atmosférica normal (474·mmHg), en ese momento la cámara hiperbárica esta lista para ser abierta y la sesión del paciente habrá terminado.

2.6.3.- SISTEMAS FUNCIONALES DEL EQUIPO

- J **SISTEMA NEUMATICO:** formado por válvulas, reguladores, manómetros, tuberías, cheques no retorno, llaves de cierre rápido, entre otros, destinados para la creación, regulación y control de los parámetros de acondicionamiento de la atmósfera dentro de la cámara.
- J **SISTEMA DE OXIGENACION:** Construido totalmente en material No ferroso como: Acero Inoxidable, Bronce latón, Aluminio y las Tuberías atóxicas en Cobre.
- J **SISTEMA DE CIERRE:** Excéntrica construida totalmente en acero inoxidable.
- J **SISTEMA DE ALIMENTACION PARA LA COMUNICACIÓN:** 220·V (con fuente transformadora a 9·V).
- J **SISTEMA DE INTERCOMUNICACION:** Sistema de intercomunicación multifuncional. El sistema auricular permite la comunicación constante entre Médico – Paciente.

2.6.4.- MATERIALES Y ACCESORIOS

- J **COMPRESORA:** Dispositivo de almacenamiento de aire atmosférico a compresión.
- J **PANEL DE CONTROL:** En acero inoxidable, Está ubicado en la parte lateral inferior de la Cámara. (Acero Inoxidable).
- J **PERILLAS DEL PANEL DE CONTROL Y VALVULAS:** Construidas en Acero Inoxidable en su totalidad.
- J **CARRO PORTA CAMILLA:** Construido en acero angular.
- J **CAMILLA MOVIL:** Construido en acero angular, con una hoja plana y una goma espuma de alta densidad, para mayor comodidad del paciente.
- J **MANOMETROS:** En acero Inoxidable (Especiales para este uso de aire comprimido).

2.7.- FUNCIONAMIENTO DE LA CÁMARA HIPERBÁRICA MONOPLAZA

Tener mucho cuidado en la manipulación de este equipo (compresora y la cámara hiperbárica) en especial del tablero de mando, tiene distintas funciones como ser: presurización, recirculación y despresurización del flujo de aire, para cada paciente el flujo del aire es distinto por sus síntomas.

- ✓ Para limpiar los depósitos de grasa o suciedad común por uso de los pacientes, usar detergentes y solventes que son indicados para la limpieza; como ser soda cáustica (en caliente o en frío).
- ✓ Cada día antes de poner en funcionamiento de la compresora, abra el purgador para drenar el agua condensada dentro del reservatorio de aire y ciérrelo enseguida.

- ✓ Conectar la compresora a la toma corriente, la compresora automáticamente entra en funcionamiento; esperar un momento hasta que se llene de aire en el reservatorio.
- ✓ Las llaves de presurización, recirculación y despresurización deben estar en la posición de cerrado.
- ✓ Abrir la puerta hermética, para el ingreso del paciente, luego asegurar la puerta con los 8 grampas metálicas a voluntad del usuario.
- ✓ Abrir la llave de presurización y apretar el botón del barómetro digital para ver en el display (pantalla) la presión y altura.
- ✓ A la profundidad de 220msnm esperar un tiempo de 10-12·min para luego abrir la llave de recirculación para evitar la saturación del aire dentro la cámara, como también la llave de presurización para nivelar la altura de 220msnm, según sea el grado del paciente.
- ✓ Abrir la puerta hermética con mucho cuidado en hacer ruido y así evitar molestias en el paciente.
- ✓ Desconectar la compresora, después de haber funcionado todo el día.
- ✓ Antes de efectuar cualquier mantenimiento certifíquese de que el equipo esté desenchufado o desconectado de la red eléctrica y cuando de remoción de accesorios fijados en el tanque el mismo debe estar vacío sin (aire).

CAPITULO 3

ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1.- PRUEBAS PRELIMINARES Y OBTENCIÓN DE DATOS EXPERIMENTALES

(P-1-V-2009) A Hrs. 8:30 AM Se fue a realizar algunos experimentos, en la cámara hiperbárica, con los Licenciados: Rubén Huallpa, Eduardo Choque y mi persona (Gregorio Muñoz Chavez).

1^{ro} Se perforo un orificio de 1,8·cm de diámetro para acoplar un manómetro.

2^{do} Se prendió la compresora y uno de los manómetros no marco (esta en mal estado; la escala de ambos manómetros 0 a 180psi).

3^{ro} Se cambiaron dos manómetros con la escala de 0-2,5psi, ambos manómetros no marcaron en la misma escala. Debido a que existe fuga en la parte de la puerta en especial en la juntura de goma.

4^{to} El lic. Eduardo entro a la cámara; introdujimos aire a una presión de 200·mmHg en un tiempo de 1min y la presurización fue lento (6min).

5^{to} Mi persona (Lic. Gregorio) entro a la cámara; introdujeron aire a una presión 150·mmHg, en un tiempo de 1,6·min; la despresurización fue 12·min. Dentro la cámara la temperatura varía de 15,4 a 17,8⁰C, ver Tabla 3, en Anexo III.

Mi oído me dolió aproximadamente una hora; debo de preguntar al Dr. Rene Vásquez, el motivo del dolor en el oído.

Conclusión

- ✓ Que cualquier ruido provocado sobre la cámara hiperbárica, es muy molesto para el oído.

Solución

Se debe colocar un aislador de ruidos; y el paciente debe tener una orejera, para no tener molestias en el oído.

(P-9-V-2009) A Hrs. 8:30 a.m. Se fue a calibrar el manómetro, en la cámara hiperbárica, con los Licenciados: Rubén Huallpa, Eduardo Choque y mi persona (Gregorio Muñoz Chavez); calibramos los manómetros, con el manómetro construido en Francia, por el Dr. Rene; colocamos en paralelo, y otro manómetro con escala de 0 a 500·mmHg.

1^{ro} No varía la escala, en el manómetro, con escala 0-500·mmHg hasta 50·mmHg, y luego los dos manómetros marcan iguales. Ver Tabla 4, ver en Anexo III.

2^{do} Se fue despresurizando, el aire para calcular la altura con el manómetro del Dr. Vásquez, ver Tabla 5, en Anexo III.

(P-23-V-2009) A Hrs. 8:30 a.m Se fue a calibrar dos manómetros, analógicos, con los Licenciados: Rubén Huallpa, Eduardo Choque y mi persona (Gregorio Muñoz Chavez). Realizamos el experimento de calibrar los dos manómetros; con el manómetro. Que trajo de Francia el Dr. Rene; se coloco en paralelo, otro manómetro con escala de 0 a 500·mmHg, se introdujo aire a la cámara. Se obtuvieron datos que están resumidos en la Tabla 6, ver Anexo III.

(P-09-11-2009) En la mañana a Hrs. 08:00 con Lic. Rubén Huallpa, Eduardo Choque y mi persona, conectamos los dos manómetros en paralelo; no marcan la misma escala cuando se despresuriza, pero los manómetros marcan la misma escala cuando la despresurización se lo hace por donde se alimenta el aire.

En la tarde Hrs. 18:20 con Lic. Rubén Huallpa, Eduardo Choque y mi persona. El Lic. Rubén Huallpa, primero entro a la cámara para hacer el experimento.; y mi persona, también entro y obtuvimos algunos datos, ver: Tabla 7 y Tabla 8, ver Anexo III.

(P-10-11-09) En la mañana Hrs. 8:00 con Lic. Rubén Huallpa, y mi persona, calibramos el manómetro en U de mercurio, hecho en la Carrera de Física, Se obtuvo datos de 8-10Hrs. La

presión dentro la cámara es 3·Psi La altura en el manómetro (en U) es: $h=18,2\text{cm}$ y $h=18,0\text{cm}$. La Presión Fuera de cámara es de $475,25\cdot\text{mmHg}$, que registra el manómetro del Dr. Rene Vásquez.

(P-18-XI-2009) Se conectaron dos manómetros en paralelo; no marcan la misma escala cuando se despresuriza los manómetros. Los manómetros marcan la misma escala, cuando la despresurización se lo hace por donde se alimenta el aire. Por esto motivo se ha modificado la posición de los manómetros, y el tablero de mando, en especial para la parte digital (equipos electrónicos), este trabajo se lo realizo en equipo, con los Licenciados: Rubén Huallpa, Eduardo Choque, y mi persona.

(P-27-XI-2009) En la tarde Hrs. 18:30 con Lic. Rubén Huallpa, Eduardo Choque y mi persona.; mi persona (Gregorio Muñoz Chavez) entre en la cámara hiperbárica para obtener algunos datos, ver Tabla 9 Anexo III.

3.1.2 ALTURA SIMULADA DENTRO LA CÁMARA HIPERBARICA MONOPLAZA

Los valores importantes registrados por el barómetro digital en la Facultad de Medicina; se pueden apreciar los resultados obtenidos en la Tabla 10, ver Anexo IV.

3.1.3 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL BAROMETRO DIGITAL

Es importante conocer la presión dentro la cámara; luego la presión parcial de oxígeno $PO_2\bullet\text{mmHg}'$, como también la presión parcial de nitrógeno $PN_2\bullet\text{mmHg}'$, se aprecia los resultados obtenidos en la siguiente Tabla 11, ver en Anexo IV.

3.1.4 ALTURAS DE DIFERENTES CUIDADES DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

Para determinar la profundidad exacta simulada dentro la cámara se tiene resumida en la siguiente Tabla 12, ver en Anexo IV.

3.2 SINTESIS DE LOS DATOS OBTENIDOS IMPORTANTES

De las pruebas experimentales realizadas que se observan en las Tablas de datos se puede concluir que para una presión de 617,62·mmHg dentro la cámara hiperbárica se obtiene una altura simulada de 1783,91·msnm, esta altura estaría por debajo de la altura que corresponde a la ciudad de Tarija que es de 1905·msnm. Así mismo para esta presión se inspira una presión parcial de oxígeno de 129,70·mmHg y similarmente ocurre con el nitrógeno que corresponde a 487,91·mmHg.

Por otro lado la presión barométrica a nivel de mar es de 760·mmHg, que tiene una presión parcial de oxígeno de 159,6·mmHg y una presión parcial de nitrógeno de 600,4·mmHg. Para la ciudad de Potosí la presión barométrica promedio es de 476·mmHg, cuya presión parcial de oxígeno y de nitrógeno es: 99,96·mmHg y 376,04·mmHg, esto implica que para poder hacer una inspiración de aire se necesita mayor presión o fuerza. Al proceso de aumentar la presión en la misma ciudad de Potosí, la cámara hiperbárica ayuda a que el paciente baje de altura (simulada) dentro de la cámara con ello facilitando la oxigenación y recomponiéndose del malestar del mal de altura.

También podemos concluir de acuerdo a los objetivos propuestos se ha cumplido inicialmente atacar el problema del mal de altura, quedando por realizar el estudio de oxígeno terapia en el mismo equipo, con el apoyo de la Fundación Fautapo y la Carrera de Física y el Instituto de Biología de la altura (IBBA).

CONCLUSIONES

Valorar el cumplimiento de los objetivos específicos, la contestación de la hipótesis y la reducción del problema. Las observaciones experimentales y los resultados obtenidos en la presente investigación permiten concluir: Como epílogo del presente proyecto se indica:

- Las variables más importantes que intervienen en el proceso son: la presión, temperatura y densidad del aire, y los mecanismos (manómetros: analógicos (dos) y digital (uno)).
- La densidad es también inversamente proporcional a la temperatura. A mayor temperatura menor densidad.
- Concluido el proyecto las autoridades tendrán que buscar una empresa, para certificar la calidad de la construcción de la cámara hiperbática, para dar sus servicios a los pacientes en general.
- Todo el trabajo fue realizado en cumplimiento de normas internacionales, asegurándose de esta forma la seguridad del personal y el equipo derivando en el óptimo desempeño, una vez puesta en marcha. La soldadura en recipientes, se trabajo bajo el código A.S.M.E.
- El tablero de distribución como los manómetros analógicos (dos) y digital son especificados en base a los estudios de flujos, garantizándose de esta forma el óptimo desempeño de este tablero en las condiciones trabajo.
- Capacitación del personal: Una vez construido la cámara hiperbática mono-plaza, se realizará actividades de entrenamiento a personal medico e interesados. En el uso y manejo del equipo de medicina hiperbática.

Sumario: Las características básicas del aire como fluido son: presión, temperatura y densidad.

(Densidad del aire es la cantidad de masa del mismo por unidad de volumen, Presión, temperatura y densidad son inversamente proporcionales a la altura. A mayor altura, menor presión, menor temperatura y menor densidad.

RECOMENDACIONES

Para proseguir con la investigación recomiendo algunos aspectos importante los cuales son:

- ✓ Para limpiar los depósitos de grasa o suciedad común, usar jabón y agua enjuagando copiosamente después de lavar y secando bien la superficie del metal después del enjuague.
- ✓ Los siguientes detergentes y solventes son indicados para la limpieza de los depósitos de grasas, aceite, ácidos grasos, o depósitos calcáreos; Soda cáustica (en caliente o en frío) soluciones de: Metasilicato de sodio; Fosfato trisódico; Tetrafostato de sodio; Heametafosfato de sodio; Pirofosfato tetrasódico.
- ✓ El registro regulador de presión, debe ser utilizado de la siguiente forma: Pujándose e girándose la manopla en el sentido horario, aumentase la presión de servio. Para desminuir esta presión, se gira la manopla en el sentido antihorario, que indicará la presión de servicio deseada en la escala en el cuerpo del registro regulador.
- ✓ Abra el purgador para drenar el condensado (agua) del reservatorio (tanque) de aire y ciérrelo enseguida (figura 11 y 12). Vea instrucciones de la nota ítem 3.
- ✓ Antes de efectuar cualquier mantenimiento certifíquese de que el equipo esté desenchufado o desconectado de la red eléctrica y cuando de remoción de accesorios fijados en el tanque el mismo debe estar vacío sin (aire).

El presente trabajo **Diseño y construcción de la cámara hiperbárica mono plaza** sirve para mejorar la salud, u investigaciones posteriores con la ayuda de la cámara hiperbárica, en nuestra ciudad (Potosí), misión cumplido por mi persona (Lic. Gregorio Muñoz Chavez) y la Carrera de Física; de la Facultad de Ciencias Puras.

Hacer un estudio de prefactibilidad, para implementar una nueva rama; de medicina hiperbárica, en la Carrera de Medicina. Deseo poner mis agradecimientos a la Fundación Fautapo y a las Autoridades Universitarias por confiar en el proyecto de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Aguado Jódar Xavier.

s/a **Guiones de las clases Facultad de Ciencias del Deporte.** Universidad de Castilla la Mancha Pág. 7.

Beierfeld Gmbh

2000 Manotherm, Alemania, Wesel Ginderich.

Camargo Luís A.

s/a **Guías básicas de atención médica Prehospitalaria;** Técnico en Emergencias Médicas, Especialista en Medicina de Áreas Silvestre, Fundación OPEPA. Bogotá, Andrés M. Rubiano Escobar. MD, Neurocirujano.

Domínguez del Pino Manuel, Montaude Diego A.

s/a **Las Palmas de G.C., Las Palmas, ES, ESPAÑA. Fecha de publicación 01.04.97, Pág. 3**

Foro de Meteored.com Foro general de Meteorología general

s/a **Relación entre presión y altura www.motor.es/foro**

Goldemberg José,

1970 Física General Experimental, Interamericana.

Guarantee,

s/a **Camillas plegables pdf-691 year España.**

G.U.N.T. Gerätebau MBH Fahrenberg

s/a **14, D-22885 Barsbüttel, sales@gunt.de, Web <http://www.gunt.de> <http://www.foxitsoftware.com> for evaluation only, visitado 10-XII-2009**

Jorge L. Castillo T.

1908 Medición de las presiones, Trillas S.A. México D.F.

<http://www.pablin.com.ar/electron/ciruito/telefon/intercom/index.htm>, visitado 20-XII-2009
s/a Intercomunicador electrónico Pág. 1

Luetich J. J.
2003 Unidades de presión

Muñoz Miguel Ángel
s/a mmuñoz@manualvuelo.com, visitado 10-XII-2009

<http://www.glomedical.ec/PdF/BTLfioterapia/camillasdeterapia.pdf>, visitado 15-X-2009

Hibbeler C. R.,
1995 Mecánica de Materiales, México, editorial continental.

Renom Madeleine
2008 Curso de introducción a la meteorología. Facultad de ciencias (UROU)

Pisarenko G. S.,
1979 Manual de Resistencia de Materiales, Moscú, editorial Mir

Schulz
s/a Manual de Instrucciones compresor a pistón.

ANEXOS

ANEXO I

a) Manual de instrucciones compresor a pistón MSV 6/30 (Compresor a pistón sin aceite)

1. Aplicación. Los compresores de aire Schulz deben ser utilizados sólo para la compresión de aire atmosférico, hasta la presión máxima indicada en su placa de identificación/Adhesivo informativo.

1. Características técnicas

1. Principales componentes y sus funciones

18. Bloque compresor- aspirar y comprime el aire atmosférico

19. Reservatorio (tanque) de aire- acumula el aire comprimido

20. Motor eléctrico con protector térmico – accion el bloque compresor

21. Presostato - controla el funcionamiento del compresor sin exceder a la presión máxima de trabajo permitida. Para el mercado Argentino tienen botón o palanca (rojo) para conectar/desconectar. Vea el capítulo 7 instalación, ítem conexión eléctrica.

22. Válvula de seguridad – despresuriza el reservatorio (tanque) de aire en un eventual subida de la presión sobre la máxima permitida.

23. Válvula de retención (chequeo) – refiere al aire comprimido en el interior del reservatorio (tanque) de aire evitando su retorno cuando el bloque compresor para.

24. Purgador- utilizado para retirar el condensado (agua) contenido en el interior del reservatorio (tanque) de aire.

25. Manómetro. – indica la presión manométrica en el interior del reservatorio (tanque) de aire en ibf/pulg, barg o Psig

26. Registro regulador de presión. – utiliza para ajustar la presión de trabajo y liberar el aire comprimido. La presión de trabajo es ajustada a través de la escala comprimido.

27. Serpentina (s) de descarga conduce y resfría el aire comprimido

28. Filtro de aire- retiene las impurezas contenidas en el aire atmosférico aspirado el compresor

29. Placa de identificación del reservatorio (tanque) de aire – indica los datos técnicos del reservatorio (tanque) de aire.

30. Placa de identificación/Adhesivo informativo (tanque) de aire – indica los datos técnicos del reservatorio (tanque) de aire

31. Gabinete (cabina) con ventilador- utilizado para atenuar el ruido del compresor.

32. **Cordón con espiga** – utiliza para conectar el compresor a la red eléctrica, vea Fig. 9 capítulo 7 instalaciones.
33. **Botón de accionamiento con LED Luminoso** – accionar el compresor y el sistema de ventilación del gabinete.
34. **Caja de conexión monofásica** - utiliza para conectar los cables del motor (MSV 12/175 y MSV 18/250) y regla, (contenido señalización de producto energizado) **Nota:** No aplicable a el mercado argentino
35. **Protector térmico** – Protege el motor eléctrico contra sobrecarga.

El compresor de Aire utilizado inadecuadamente, puede causar daños físico y materiales con el fin de evitarlos, siga las recomendaciones abajo.

1. Este equipo
 - Posee partes calientes, eléctricas y piezas en movimiento
 - Los modelos MS 3 y MSV 6, posee fichas de 3 espigas con toma de tierra, para aumentar su seguridad, NO A ELIMINE
 - Cuando enchufado a la energía eléctrica, puede conectar o desconectar automáticamente en función de la presión en el reservatorio (tanque) de aire o actuación de elementos de protección eléctrica.
 - Puede provocar interferencia mecánicas o electrizadas, niños o animales puedan tener acceso;
 - Requiere una persona autorizada para supervisar el uso y mantenimiento, y equipo de protección individual (EPI) adecuada.
 - Debe ser instalado y operado en locales ventilados y con protección contra humedad o incidencia de agua.
2. Nunca sobrepase la presión máxima indicada en la placa de identificación/adhesivo informativo del compresor 12.
3. Nunca altere el regulaje de la válvula de seguridad y del presostato, utilice los servicios del Asistente Técnico/Distribuidor Autorizado de compresor Schulz más cercano.
4. Nunca efectúe reparaciones o servicios de soldadura en el reservatorio (tanque) de aire, pues estos pueden afectar su resistencia o esconder problemas más serios. Si existe alguna infiltración, fisura o deterioro por corrosión, suspenda inmediatamente la utilización del equipo y busque un Asistente Técnico/ Distribuidor Autorizado de compresor Schulz

5. Nunca opere el reservatorio de aire sobre la presión máxima indicada en la placa de identificación 13.
6. El usuario de este producto deberá mantener disponible, para controles oficiales eventuales, el registro del recipiente de presión, suministrado por el fabricante, añadido a los demás documentos de seguridad exigidos por la NR-13 del Ministerio de Trabajo de Brasil, mientras que el recipiente de presión se mantenga en uso hasta ser desechado. El usuario final debe seguir las disposiciones previstas en la NR-13 en cuanto a la instalación, mantenimiento y operación del recipiente de presión (depósito de aire comprimido). La vida útil de un recipiente de presión depende de varios factores que contribuirán con su determinación. Este aspecto deberá ser monitoreado y establecido por el profesional competente, de acuerdo con la NR-13. nota: el test hidrostático realizado durante la fabricación del producto no sustituye la inspección inicial, la cual debe ser realizada en el sitio de instalación del producto y debidamente supervisada por un profesional competente, de acuerdo con la NR-13 MTb. Schulz S.A., fabricante del producto, declara que la legislación y control local son soberanas en lo que respecta a la información consignada en los párrafos anteriores, y que todo procedimiento prudente, preventivo o de sensatez a favor de la seguridad debe prevalecer.
7. La compresión del aire es un proceso que genera calor. El bloque compresor 1 y la (s) serpentinas (a) 10 están sujetos a altas temperaturas, debiendo por tanto tenerse cuidado para no sufrir quemaduras al manosearlos.
8. El aire comprimido podrá contener contaminación dañinos a la salud humana, animal, ambiental conforme los requisitos de su aplicación y utilización. Consulte la fábrica (cta.expor@schulz.com.br) o el asistente técnico/Distribuidos Autorizado de compresor Schulz para mayores informaciones.
9. Antes de efectuar cualquier mantenimiento certifíquese de que el equipo esté desenchufado o desconectado de la red eléctrica y cuando de remoción de accesorios fijados en el tanque el mismo debe estar vacío sin (aire)
10. Asegúrese de que la entrada de aire de refrigeración del gabinete 14 y del carenaje 19, esté siempre limpia, para evitar la aspiración de detritos por el ventilador.
11. Nunca utilice solvente para l limpieza del compresor, utilice detergente neutro.
12. La utilización de solvente general, donde la limpieza y el ambiente físico no podrá contener solventes.

13. Nunca utilice conductor (extensión/coleta) que no sea el especificado (vea tabla 2. capitulo 7 -Instalación) además, que no tenga alteraciones. Si no se observan estas informaciones, se puede causar daños a la parte eléctrica del compresor e inclusive daños para el propio usuario. Utilice una manguera de aire más larga cuando sea necesario
14. En la presencia de cualquier anomalía en el equipo, suspenda inmediatamente su funcionamiento y contacte el Asistente Técnico/Distribuidor Autorizado de compresor Schulz más cercano.

Instalación

4. **Localización;** instale el compresor en un área cubierta, bien ventilada y libre de polvo y productos inflamables, gases tóxicos, gases humedad o cualquier otro tipo de polución y para el equipo MSV 6/50-Split vea Figura 15. la temperatura ambiente máxima recomendada para trabajar es de 40° C.
5. **Posicionamiento:** Observe un espacio mínimo de 800·mm. de cualquier pared u obstáculo, a fin de garantizar una buena ventilación}, durante el funcionamiento y facilitar eventuales mantenimientos. Cuando es utilizado el gabinete 14, este espacio mínimo deberá ser de 100·mm.

Instalación del compresor

Cuando acoplado a la red de aire comprimido, la conexión de descarga (1/4”) y 1/2” (MSV 18) debe ser hecha a través de la zaguera o juntas expansibles para que los esfuerzos (cargas), expansión térmica, peso de la tubería choque mecánico, térmico u obstrucción no sean transmitidos para el reservatorio (tanque) de aire. La no observancia de estas orientaciones podrá causar daño físico al reservatorio (tanque) de aire comprimido. El filtro de aire rectangular cuando no armado en el equipo, armen como muestra la figura 3.

Nota

El compresor MSV 6/50 es suministrado de fábrica con una manguera de 8·mmx20·m. para distancias más largas utilizar una manguera 1/2.

6. **Fundamentación/Piso:** los compresores MSV 12/175 y MSV 18/250* deben ser colocados sobre amortiguadores antivibrantes (figura 1), que a su vez deben estar apoyados sobre una base de concreto, y esta sostener el peso del equipo junto al líquido (agua) cuando sea echo del test hidrostático. El conjunto debe ser nivelado y el amortiguador debe ser adecuadamente para el peso y la vibración del equipo. Los demás modelos poseen pies de goma que deben ser montados por el usuario.

) Accesorio que acompaña al compresor, vea la figura 1 y 2.

Nota. Para los modelos MS 3/30, MSV 6/30 y MSV 6/50 arme el pie de goma mojando con agua el piso y enseguida ensamble en el agujero del pie del vaso de presión.

7. Conexión eléctrica.

Consulte un técnico especializado para evaluar las condiciones generales de la red eléctrica y seleccionar los dispositivos de alimentación y protección adecuados.

Deben ser seguidas las recomendaciones de la Norma del país sobre instalaciones eléctricas de Baja Tensión.

La Figura 4, muestra el esquema de conexión eléctrica con presostato y fusible.

Nota: El esquema de la figura 4 no es válido para los modelos MSV 12/175 y MSV 18/250. para su seguridad, el producto vienen con el cordón 15 con enchufe para alimentación y aterramiento (vea la figura 9), y otras instrucciones vea Nota, ítem 1.

Los cables de alimentación deben ser dimensionados de acuerdo con la potencia del motor, tensión de la red y distancia de la fuente de energía eléctrica. Vea las orientaciones de la Tabla 2.

Antes de conectar el equipo a la red eléctrica, verifique si la tensión indicada en la etiqueta del cable de alimentación 15 (cordón con espiga) caja 17, coincide con la tensión local.

Instrucciones para tierra, este producto debe estar a tierra. En caso corte circuito, la conexión a tierra reduce el riesgo de choque eléctrico, a través del cable de descarga de la corriente eléctrica.

Cuidado

La instalación inadecuada de la conexión a tierra puede resultar en riesgo de choque eléctrico. Si hay necesidad de sustitución o reparo del cable o del enchufe, no conecte el cable tierra a

cualquier uno de los conductores de alimentación. El cable tierra cuya superficie externa en verde, con o sin rayas amarillas, tiene relación a esta información, o si el producto está correctamente conectado a tierra, consulte un electricista calificado. No cambie el enchufe del equipo, si él no se adapta al enchufe del lugar de uso, asegure la instalación del enchufe correcto, hecha por un electricista calificado.

Para su seguridad, debe tener una llave conecta y desconecta (antes de la fusible), para interrupción de la energía eléctrica cuando de un eventual mantenimiento o ajustes en el equipo dimensionado de acuerdo con la corriente del motor, vea tabla 2.

8. Procedimiento de instalación del gabinete

Antes de conectar el gabinete a la red eléctrica, verifique si la tensión indicada en la etiqueta del cordón de alimentación coincide con la tensión indicada en el compresor.

Suspenda el gabinete.

Posiciónelo sobre el compresor.

Bájelo sobre el compresor hasta tocar el piso. Certifíquese que la tapa trasera del motor eléctrico encajó perfectamente con el orificio de la lateral izquierda de la parte interna del gabinete.

Conecte el cordón 15 del compresor en el enchufe interno del gabinete.

Para energizar el conjunto (gabinete + compresor), conecte el cable de alimentación del gabinete a la red eléctrica y accione el botón 16.

Nota

1. Los modelos MSV 12/175 y MSV 18/250 salen de fábrica sin la espiga en la extremidad del cordón de alimentación.
2. Seleccione el espiga o dispositivo de conexión de acuerdo con la corriente nominal indicada en la corriente y modelo triplo por tres.
3. La red de distribución de energía no deberá presentar variación de tensión superior a $\pm 10\%$.
4. La caída de tensión provocada por el pico de la partida no debe ser superior a 10% .
5. El gabinete acústico viene de fábrica con las conexiones eléctricas para la tensión 110 o 220 V. caso sea necesario inversión de voltaje verifique el diagrama fijo internamente.

6. si hubiera sobrecalentamiento, el compresor se desconectará automáticamente a través de la actuación de un protector térmico 18 que esta localizado en la parte interna del motor eléctrico, el compresor volverá a operar automáticamente apenas cuando la temperatura disminuya.
7. debe ser instalado fusibles en la instalación, vea las orientaciones en la tabla 2.

Los costos de instalación y accesorios son por cuenta del cliente.

Después de tomada las providencias de localización adecuada el tanque con las normas de la legislación local. Instalación de la red eléctrica, llave de partida eléctrica y red de aire comprimido (efectuadas por el cliente) ejecute los siguientes procedimientos.

1. Abra totalmente el registro 9.
2. Acciones la llave de partida conecta y desconecta y/o botón rojo el presostato 4 versión mercado Argentino. Verifique si el sentido de rotación correcto es antihorario, visto del ventilador.
3. Deje el compresor trabajar por unos 10 diez minutos, a fin de permitir la lubricación homogénea de las partes móviles.
4. Cierre totalmente el registro para que el compresor llene el reservatorio (tanque) de aire. El compresor desconectará (a través del presostato, figura 13) automáticamente, cuando el manómetro indique una presión máxima alrededor de 8.3·barg (120·Ibf/pulg²).
5. Abra el registro para liberar el aire comprimido del interior del Reservatorio (tanque) de aire, el compresor reconectará (a través del presostato) automáticamente, cuando el manómetro indique una presión en torno de 5.5·barg (80·Ibf/pulg²).
6. Cierre el registro y desconecte el equipo de la red eléctrica.
7. Verifique el funcionamiento de la válvula de seguridad 5 y hazle su anillo.
8. vea si el ventilador de la cabina queda ligado después que el compresor desconecta en 8.3·barg o 120 Ibf/pulg².

Nota: Al término del trabajo matinal, el compresor lleno entre 80 y 120 Ibf/pulg², desconecte el botón de accionamiento 16, como manera para economizar energía eléctrica.

9. Abra el purgador 7 para drenar el condensado (agua) del reservatorio (tanque) de aire y ciérrelo enseguida (figura 11 y 12). Vea instrucciones de la nota ítem 3.

10. Abra el registro para vaciar totalmente el reservatorio (tanque) de aire y ciérrelo enseguida.
11. Su compresor Schulz está listo para operar. Conéctelo a la red de distribución de aire y accione el motor eléctrico. Cuando el compresor llegue a la presión máxima, abra el registro para que el aire fluya para la red de distribución, verifique si existen escapes a lo largo de la tubería utilizando una solución de agua y jabón y elimínelas si es el caso.

Atención

El compresor bien dimensionado el número de partida ideal es de 6 (seis) veces por hora, en torno de 70% en trabajo y 30% apagado.

Nota

1. El procedimiento de partida inicial debe ser repetido siempre que ocurra mantenimiento o cambio de local del compresor.
2. El registro regulador de presión 9 debe ser utilizado de la siguiente forma:

Pujándose e girándose la manopla en el sentido horario, aumentase la presión de servio. Para desminuir esta presión, se gira la manopla en el sentido antihorario, que indicará la presión de servicio deseada en la escala en el cuerpo del registro regulador.

Para su comodidad. Schulz S.A., comercializa un purgador electrónico PS 16 que se adapta a la rosca de salida del tanque, dicho purgador puede pedirse al Distrito de Compresor Schulz. Es importante que al hacer la instalación, el reservatorio (tanque) de aire esté despresurizado (vacío). Vea ítem 9. Capítulo 6. (Schulz, s/a: 1-16).

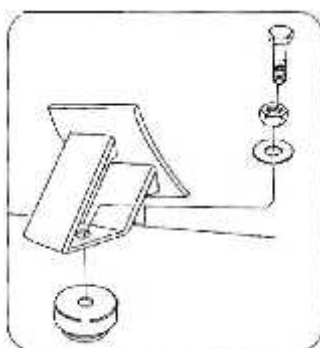


FIGURA 1



FIGURA 2

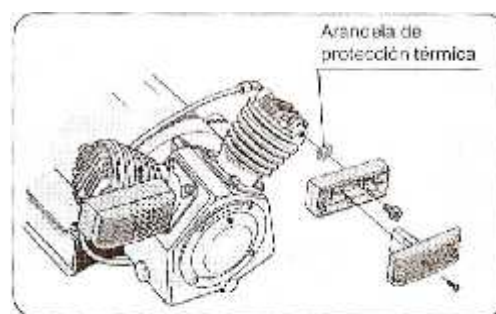


FIGURA 3

F1	FUSIBLE TIPO 'D' O 'NH' (VER TABLA 2)
P	PRESOSTATO
M	MOTOR ELÉCTRICO

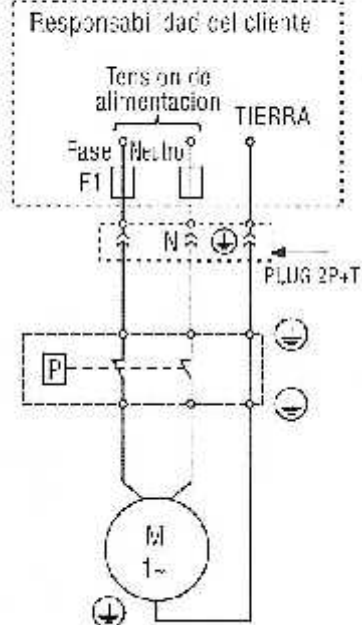


FIGURA 4 - DIAGRAMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA

110 V	220 V
3 → 1 L1 → 2 → 7 4 → 4 L2 → 4	1 → 1 2 → 2 → 3 7 → 7 4 → 4 L2 → 4

LEYENDA DE LOS CABLES	
Nº	COLOR
1	AZUL
2	BLANCO
3	NAFANJA
4	AMARILLO
7/2	CAFÉ
.	V-40F (CABLE TIERRA)

FIGURA 5 - CAMBIO DE TENSIÓN Y LEYENDA DE LOS CABLES

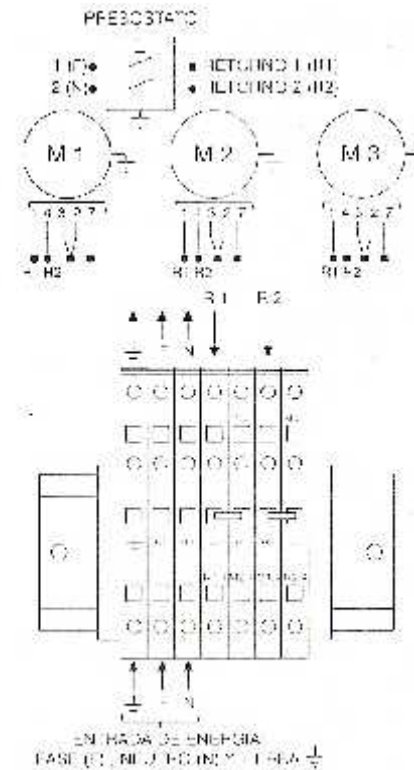


FIGURA 6 - ESQUEMA ELÉCTRICO DISPONIBLE EN 220V - MSV 18/250

SÍMBOLO	DENOMINACIÓN
K	CON ACTUADOR
F1	RELÉ TÉRMICO
XS	CONECTOR
SH	LLAVE-TECLAS CONEX.
F1	FUSIBLE

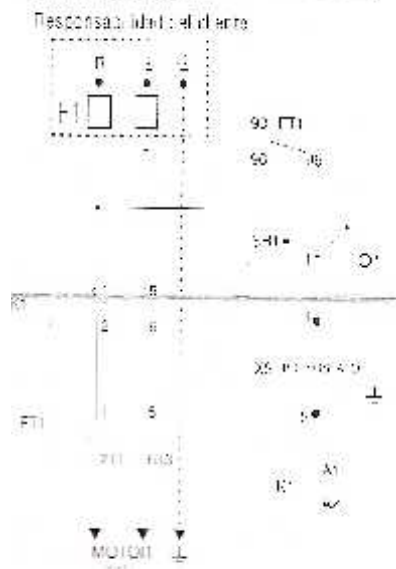


FIGURA 7 - ESQUEMA ELÉCTRICO CON LLAVE DE PARTIDA MSV 18/250 DISPONIBLE EN 220V PARA EL MERCADO ARGENTINO

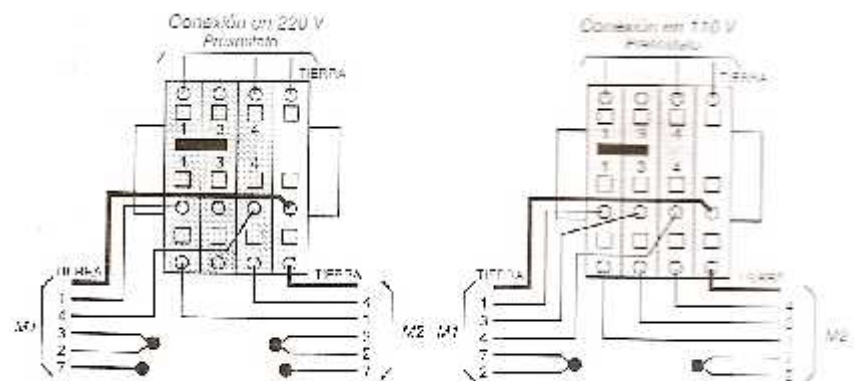


FIGURA 8 - ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA CAJA DE CONEXIÓN (CAMBIO DE TENSIÓN)

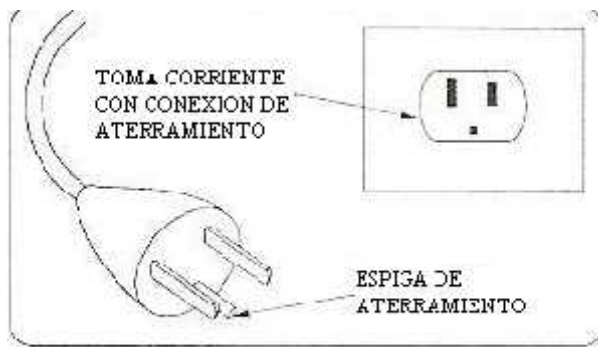


FIGURA 9 - CONEXIÓN DEL ENCHUFE

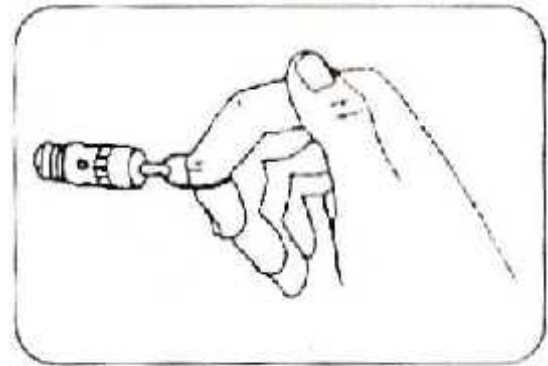


FIGURA 10

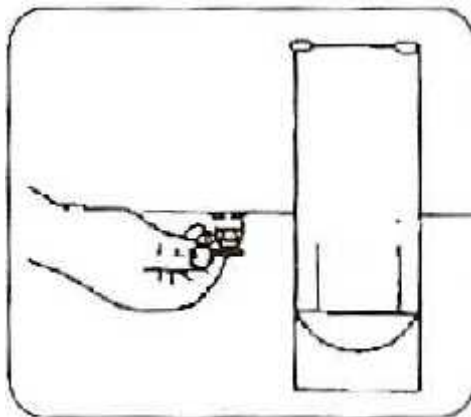


FIGURA 11

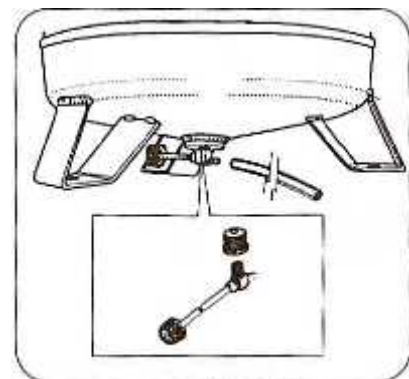


FIGURA 12

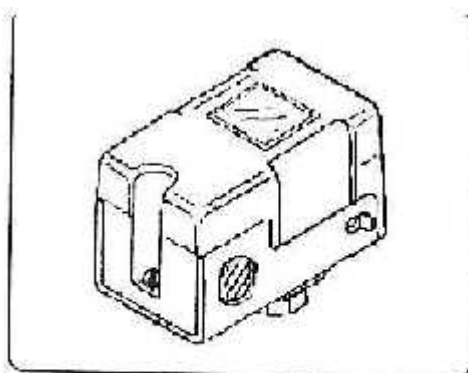


FIGURA 13

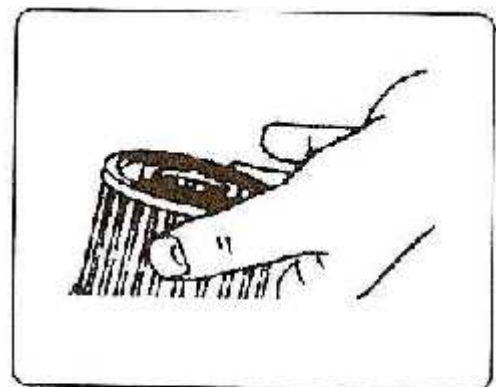


FIGURA 14

MODELOS	CAUDAL TEÓRICO				PRESIÓN MÁXIMA		RESERVUOIRIO (TANQUE) DE AIRE				Q ¹ lpm		MOTOR ELÉCTRICO C/ PROTECTOR TÉRMICO				DIMENSIONES (mm)								PESO (kg)	RUIDO (dB)	PINTURA
	50Hz		60Hz		MDSca ¹	kmp	Volumen (mm ³)		Tiempo Reser 50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	hp	kW	pólos	TENSIÓN (V) MONOFÁSICO	A	B	C	D	E	D'F	G				
	pie ³ /min	l/min	pie ³ /min	l/min																							
MS 3/30	2,5	70	3,0	84	120	8,3	29	7'10"	6'10"	1420	1720	1/2	0,37	4	110/220	500	480	645	-	-	**	-	34	61/77	ROQUE BLANCO TANQUE BLANCO EN POCO		
MSV 6/30	5,0	141	6,0	170			29	3'50"	3'10"	1445	1730	1	0,75			500	480	630	-	-	**	-	42	61/78			
MSV 6/50	5,0	141	6,0	170			45,7	5'25"	4'35"	1445	1730	1	0,75			400	600	620	-	-	**	-	54	28			
MSV 12/175	10,0	282	12,0	340			178	11'50"	10'15"	1445	1730	2x1	2x0,75			520	1080	880	550	460	16	300	100	84			
MSV 16/250	15,0	424	18,0	509			261	9'55"	8'15"	1445	1730	3x1	3x0,75		220	550	1550	850	800	460	16	312	160	82			

TABLA 1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

NOTAS: 1- D: Tiempo de llenar del reservatorio (falta variación de ± 10% de acuerdo con la instalación).

2- Patrón de la pintura - MUNSSELL 10Y 6,5/2.

3- El motor eléctrico está listo para operar en la tensión de 115 y 200 V (ver la placa de identificación 12).

POTENCIA MOTOR (hp)	TENSIÓN RED (V)	CORRIENTE MOTOR (A)	CONDUCTOR (mm ²)	DIST. MÁX. (m) CAIDA TENSIÓN (2%)	FUSIBLE F1 MÁX. (A)	DIAGRAMA
MOTORES MONOFÁSICOS						
1/2	110	7,6	2,5	10	25	Fig. 4
	220	5,8	1,5	30	15	
1	110	14	4,0	12	25	
	220	7	1,5	21	18	
2x1	110	2x4	6,0	11	50	Fig. 3
	220	2x7	2,5	16	25	
3x1	220	3x7	4,0	9	35	Fig. 5 y 7

TABLA 2 - DATOS ORIENTADORES DE CONDUCTORES Y FUSIBLES

b) SEGUIMIENTO AL PROYECTO

(P-10-III-2009) Se asistió a una reunión en las oficinas de Fautapo (Lic. Rubén, Eduardo Gregorio y Ing. Efraín); El Ing. Orlando Limache K. envió una carta recomendando que se debe de comprar manómetros medicinales para la cámara hiperbárica.

(P-16-III-2009) Nos reunimos en las oficinas de Fautapo (Lic. Rubén, Eduardo Gregorio y Ing. Efraín); La institución Fautapo se tenía que encargar, de buscar (cotizar), los manómetros medicinales, en la ciudad de La Paz; en la casa **Fernando y Hergo**; dichas casas venden equipos medicinales.

(P-01-IV-2009) Se fue a inspeccionar el avance de obra en la cámara hiperbárica. Solo soldaron la plancha para la puerta (Forma rectangular).

(P-03-IV-2009) Se fue a ver el avance de obra. Soldaron la puerta, y a una parte del cilindro aumentaron 30·cm; Falta comprar la goma estructural.

(P-11-IV-2009) A hrs. 9:00 a.m. (Lic. Rubén Huallpa y Lic. Gregorio Muñoz); Fuimos a ver el avance de obra; estaban torneando los excéntricos, para la puerta hermética.

(P-16-IV-2009) A Hrs. 12 p.m. se fue a inspeccionar el avance de obra de la cámara hiperbática; con el director de FAUTAPO Ing. Efraín Ayza, Lic. Eduardo Choque, Lic. Rubén Huallpa, Doctor Rene Vásquez y mi persona (Lic. Gregorio Muñoz Chavez). Se estaban armando los excéntricos, que son cuatro, dos soportes y dos ejes, dichos elementos son para la puerta.

(P-17-IV-2009) Los: Licenciados Rubén Huallpa y Eduardo Choque; viajaron a ciudad de La Paz, a comprar los manómetros medicinales.

(P-24-IV-2009) A Hrs. 10:00 a.m. se fue a inspeccionar el avance de obra, de la cámara hiperbática, con Lic. Rubén Huallpa, Doctor Rene Vásquez y mi persona (Lic. Gregorio Muñoz Chavez). Solo concluyeron el armado de los excéntricos, que son cuatro, dos soportes y dos ejes. Dichos elementos son para la puerta hermética; también dos brazos para abrir y cerrar la puerta, coloraron la goma estructural, para el cierre hermético de la cámara hiperbática.

(P-14-V-2009) El Lic. Rubén Huallpa, viajo a la ciudad de La Paz; para poder cambiar los manómetros (dos), que están mal calibrados.

Calibrar los manómetros (dos) analógicos, con un manómetro (de mercurio) construido en Francia; por el Dr. Rene Vásquez, y seguir con los experimentos con otro manómetro cuya escala varia de 0 a 500·mmHg.

(P-18-VI-2009) Fui a inspeccionar el avance de obra el día viernes; me comunico el técnico (Don Camilo), que se modificaría la tapa de la puerta, porque existe fuga de aire a 2·Psi de presión, ó superiores a esa presión; también colarían los vidrios.

Para seguir con los experimentos, en la cámara hiperbática; en especial en calibrar los manómetros.

(P-01-VIII-2009) El día sábado (01-08-09) se fue ha verificar el avance de la construcción de la cámara hiperbárica, en compañía del Director de la Carrera de Física (Lic. Eduardo Choque).

(P-19-VIII-2009) El día jueves (01-19-09) se fue ha verificar el avance de la construcción en compañía del Director de la Carrera de Física (Lic. Eduardo Choque) y Rubén Huallpa Santos. Solo construyeron la camilla y sus rieles. Y se tenía que contratar a un chapista para el pintado de de la cámara hiperbárica interior y exteriormente.

(P-28-VIII-2009) Los días: martes, jueves viernes; fue ha verificar el avance de la construcción; en especial en el pintado de la cámara hiperbárica; hasta la fecha no se ha pintado ni chapeado.

(P-11-IX-2009) Se fue ha verificar el avance de la construcción de la cámara hiperbárica; estaban chapeando (emplastecer), por dentro y fuera, para luego pintar.

(P-17-IX-2009) Los días: jueves y viernes; fui ha verificar el avance del pintado en la cámara hiperbárica; estaban pintando por fuera y dentro.

(P-23-IX-2009) El día jueves, fuimos ha verificar, el avance del pintado de la cámara hiperbárica, en compañía del Lic. Rubén Huallpa; Don Camilo nos dijo que estaría lista para el día sábado (P-26-09-2009).

(P-05-X-2009) Don Camilo me explico que lo cancelaron todo lo que se debía, por la fundación FAUTAPO; en presencia del Lic. Rubén Huallpa, por el trabajo que realizo. No se puede llevar la cámara Hiperbárica a la Facultad de Medicina (Universidad Autónoma Tomas Frías); por no existe un lugar adecuado; para luego armar los manómetros en el tablero de mando.

(P-14-X-2009) Desde 9:25 a 10:30 Hrs.; se ha traslado la cámara hiperbárica, a la Facultad de Medicina; se lo deposito en ambiente adecuado, con la ayuda de Don Camilo y sus tres ayudantes, en presencia del Lic. Rubén Huallpa y Dr. René Vásquez y mi persona.

(P-17-X-2009) Se pinto la cámara hiperbárica por segunda vez (segunda mano); de color veis en la parte interior, y de color celeste y veis en la parte exterior; con pintura de secado rápido.

ANEXO II

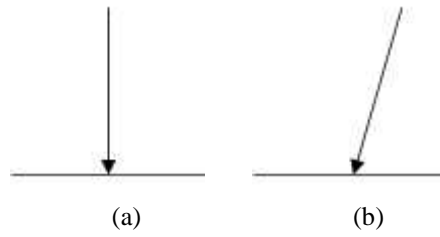


Figura 1.3 Presión inclinada y perpendicular
Fuente: Luetich J.J.

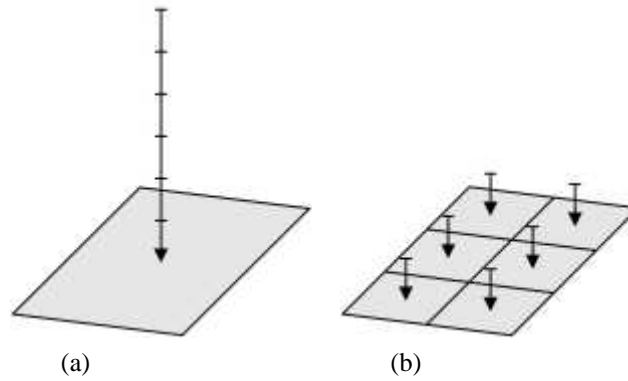


Figura 1.4 Presión fuerza por área
Fuente: Luetich J.J.

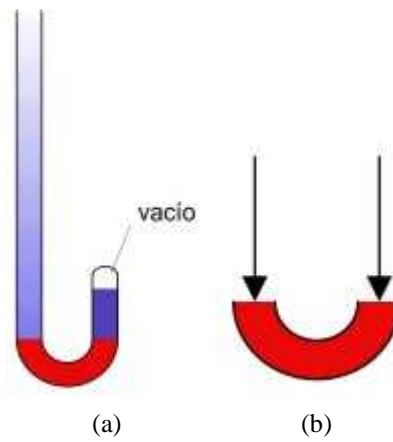


Figura 1.5 Manómetro en U
Fuente: Luetich J.J.

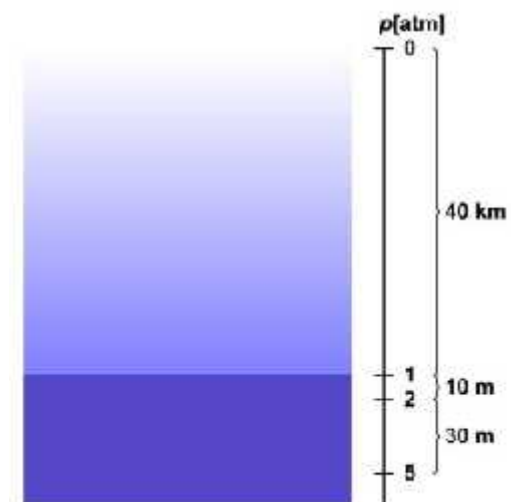


Figura 1.6 Presión varia con la altura
Fuente: Luetich J.J.

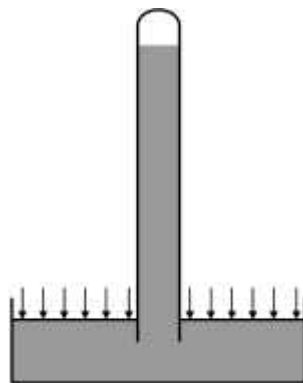


Figura 1.7 Barómetro de Torricelli
Fuente: Luetich J.J.

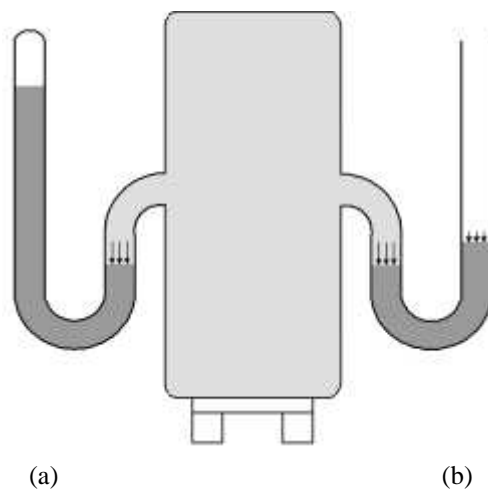


Figura 1.8 Manómetro doble en U
Fuente: Luetich J.J.

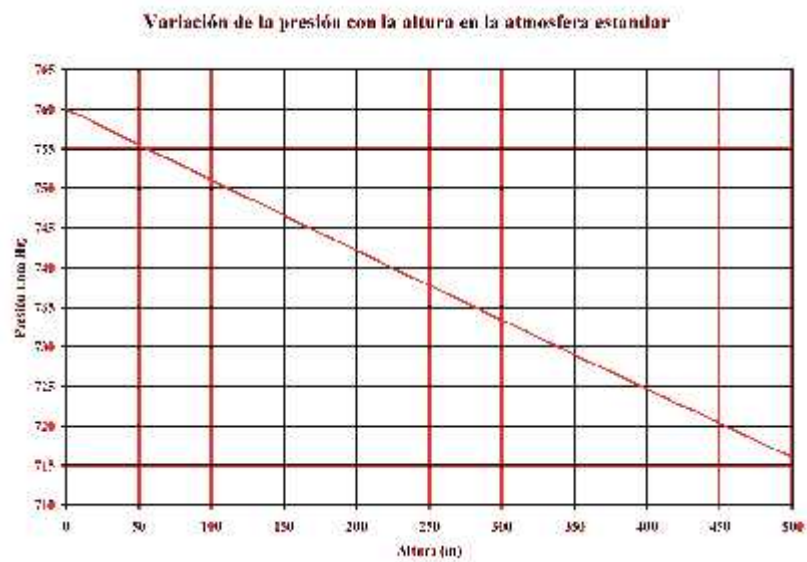


Figura 1.9 Variación de la presión con la altura
Fuente: Luetich J.J.

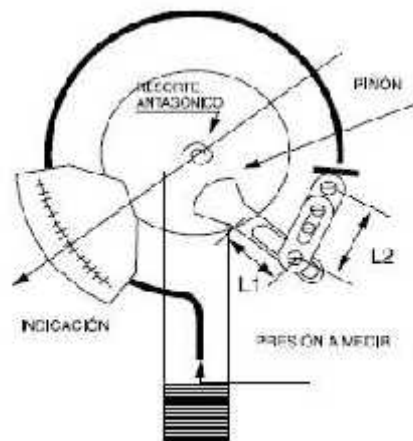


Figura 1.10. Manómetro tipo Bourdon.
Fuente: Hibberler R.C.

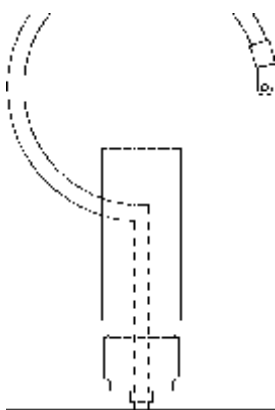


Figura 1.11 Tubo de Bourdon en forma de C
Fuente: Beierfeld GmbH.



Figura 1.12 Tubo Bourdon helicoidal
Fuente: Beierfeld GmbH.

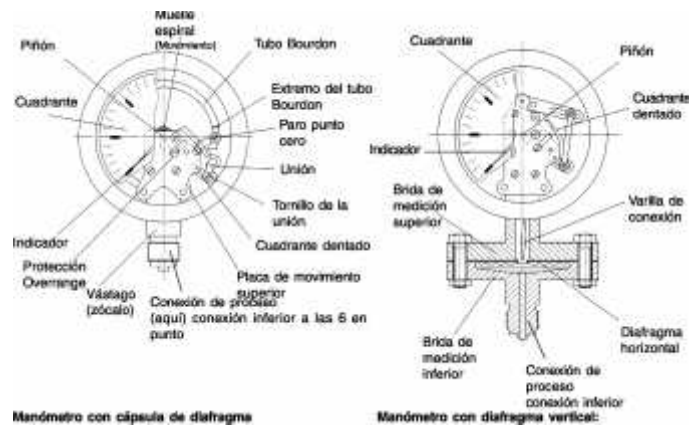
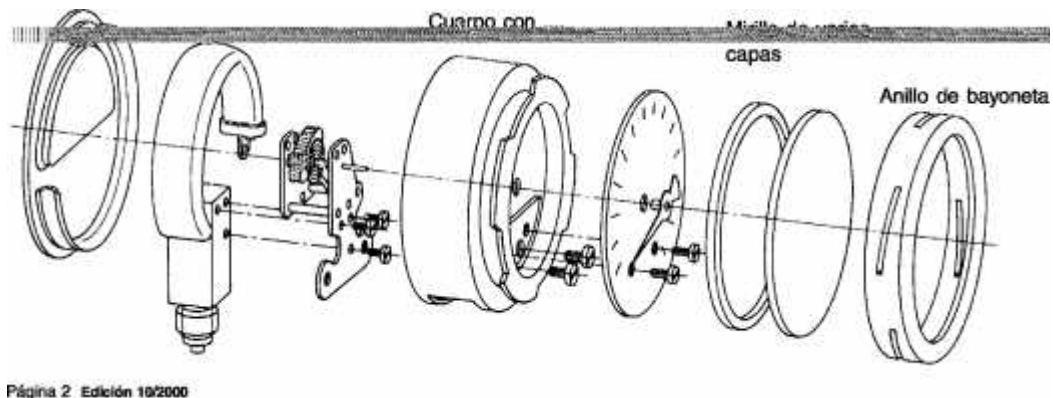


Figura 1.13 Partes de un manómetro

Fuente: Beierfeld GmbH.



Página 2 Edición 10/2000

Figura 1.14 manómetro desarmado

Fuente: Beierfeld GmbH.

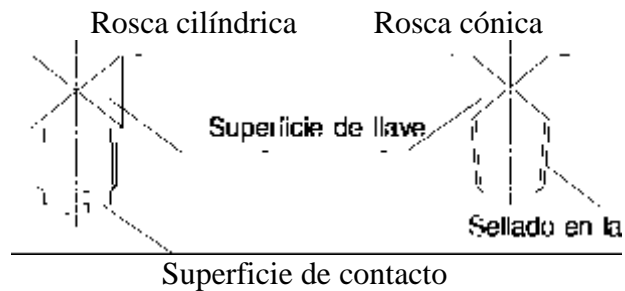


Figura 1.15 Conexiones herméticas

Fuente: Beierfeld GmbH.



Figura 1.16 Manómetro digital

Fuente: G.U.N.T. Geratebau

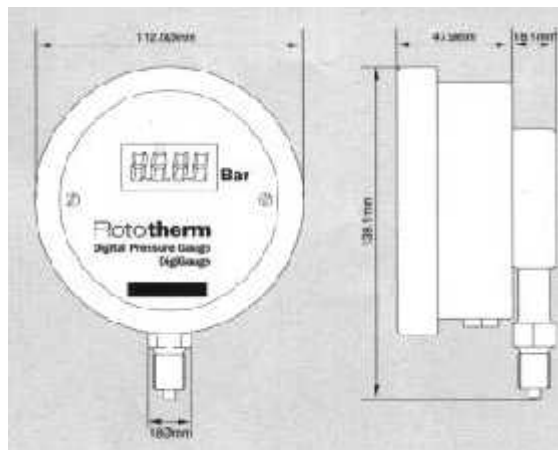


Figura 1.17 Dimensiones del manómetro digital

Fuente: G.U.N.T. Geratebau

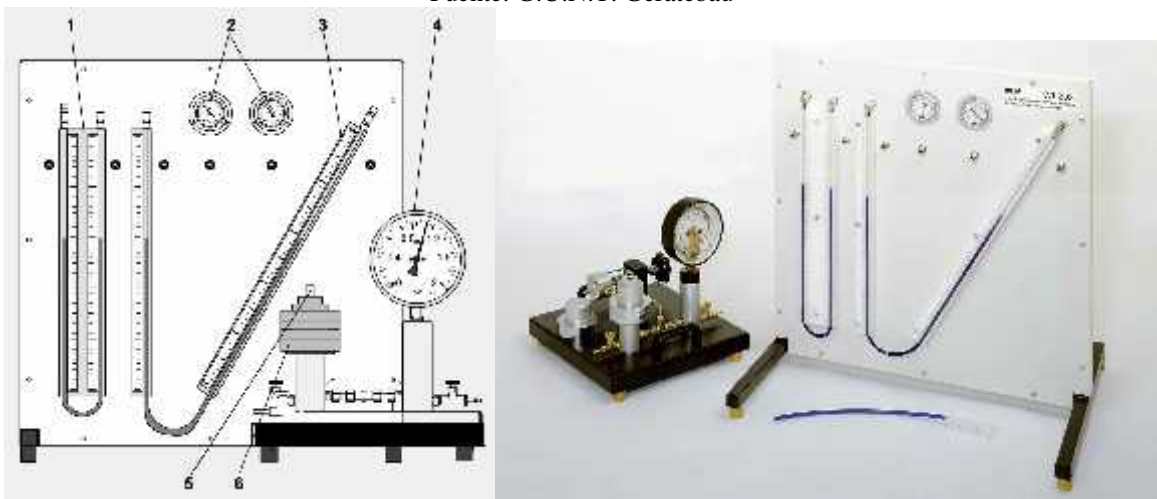


Figura 1.18 y 1.19 Manómetros en U y analógico

Fuente: G.U.N.T. Geratebau

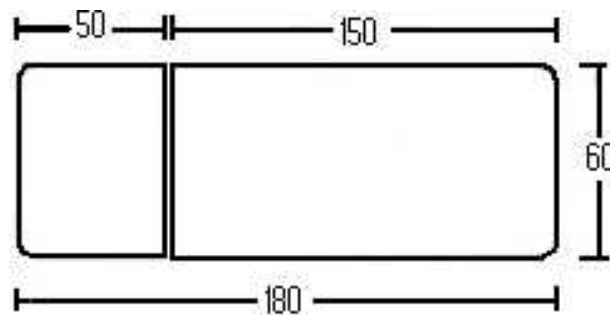


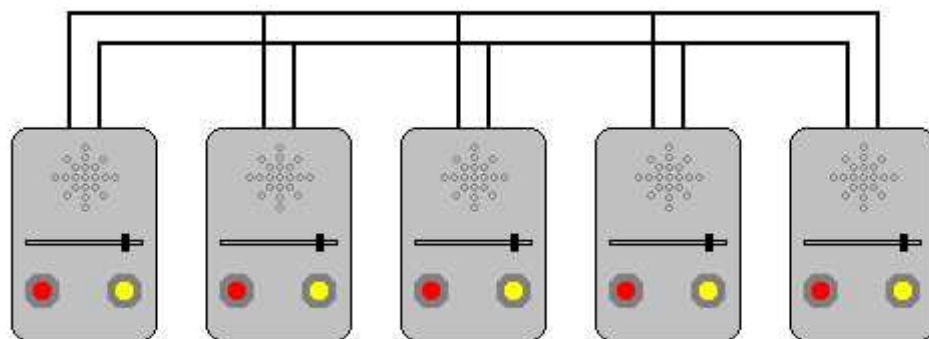
Figura 1.20 Dimensiones de la camilla

Fuente: Guarantee.pdf

Fuente: MHTML



Fuente: MHTML



Fuente: MHTML

ANEXO III

Tabla 3 T(°C)

15,4	16,8	17	17,2	17,4	17,6	17,8
------	------	----	------	------	------	------

Fuente: Propia

Tabla 4

t(min.)	P(mmHg)
4,53	50
7,26	100
9,05	150
10,46	200
12,31	250
14,29	300
16,25	350
18,3	400
20,29	450
22,38	500

Fuente: Propia

Tabla 5

h(cm)	P (mmHg)
53,8	450
53,4	400
52,9	350
52	300
51,9	250
51,4	200
51	150
50,4	100
49,9	50
48,4	0

Fuente: Propia

Tabla 6

P (mmHg)	h (cm)
500	53,10
450	52,60
400	52,15
350	51,60
300	51,15
250	50,70
200	50,30
150	49,90
100	49,65
50	49,10
25	48,90
0	48,50

Fuente: Propia

Tabla 7

Lic. Gregorio Muñoz Chavez						
P-09-11-09		Hrs. 18:30-21:15				
Presión dentro la cámara						
2·Psi						
Tiempo de compresión				8,02,55		
Tiempo de descompresión				6,29,67		
La temperatura varia dentro la cámara						
Compresión						
$T \text{ } ^\circ \text{C}$	21	21,2	23,6	25,8		
Temperatura varia dentro la cámara						
Descompresión						
$T \text{ } ^\circ \text{C}$	24	23,6	23,2	22,6	21	21
Tiempo dentro la cámara				$t \text{ } X$	40min	

Fuente: Propia

Tabla 8

Lic. Rubén Huallpa Santos	
P-09-11-09	Hrs. 20:30-21:15
Presión dentro la cámara	
1·Psi	
Tiempo de compresión	8,02,55
Tiempo de descompresión	6,29,67
Tiempo dentro la cámara	30min
$P_i=475 \cdot \text{mmHg}$	
$P_f=550 \cdot \text{mmHg}$	
Altura 55,2·cm	
Marco el manómetro de Dr. Rene V.	

Fuente: Propia

Tabla 9

Lic. Gregorio Muñoz Chavez			
P-24-11-09		Hrs. 18:30	
476·mmHg		$T=15.8^\circ \text{C}$	$T=17^\circ \text{C}$
Presión dentro la cámara=			1·Psi
Presión fuera la cámara=			550·mmHg
Altura 55.1cm fuera de cámara			
Ingreso de aire $t=14:41 \cdot \text{min}$, (circulación) no se saturo el aire.			
Tiempo de saturación segunda vez			$t=26:02$
Ingreso de aire (circulación)			$t= 14:41$

Fuente: propia

ANEXO IV

Tabla 4b

t(min.)	P(mmHg)	h(cm)
4,53	50	5,01
7,26	100	10,02
9,05	150	15,032
10,46	200	20,042
12,31	250	25,053
14,29	300	30,063
16,25	350	35,074
18,3	400	40,085
20,29	450	45,095
22,38	500	50,106

Fuente: Propia

Tabla 5b $P''X \dots g \cdot h$ $h''X \frac{P}{\dots g}$

h(cm)	P(mmHg)	P(mmHg)	h(cm)
53,8	450	536,86	45,09
53,4	400	532,87	40,08
52,9	350	527,88	35,07
52	300	518,9	30,06
51,9	250	517,9	25,05
51,4	200	512,91	20,04
51	150	508,92	15,03
50,4	100	502,94	10,02
49,9	50	497,97	5,01
48,4	0	482,98	0

Fuente: Propia

Tabla 6b $P''X \dots g \cdot h$ $h''X \frac{P}{\dots g}$

P (mmHg)	h (cm)	P(mmHg)	h(cm)
500	53,1	529,88	50,106
450	52,6	524,89	45,095
400	52,15	520,4	4,085
350	51,6	514,91	35,074
300	51,15	510,42	30,063
250	50,7	505,93	25,053
200	50,3	501,94	20,042
150	49,9	497,95	15,032
100	49,65	495,45	10,02
50	49,1	489,96	5,01
25	48,9	487,97	2,51

Fuente: Propia

Tabla 10 Altura simulada en la cámara

Presión del manómetro (PSI)	Voltaje del sensor (voltios)	Presión en la cámara (mmHg)	Altura simulada en la cámara (m)
0,0	2,48	476,60	4012,85
0,5	2,88	540,70	2927,71
1,0	2,99	558,33	2651,80
1,5	3,15	583,97	2265,68
2,0	3,36	617,62	1783,91
2,5	3,46	633,65	1563,56
3,0	3,60	656,08	1264,42
3,5	3,75	680,12	954,96
4,0	3,91	705,76	636,73
4,5	4,05	728,20	367,56
5,0	4,20	752,24	88,25

Fuente: Propia

Tabla 11 Relación de la presión barométrica y la presión parcial del aire atmosférico con la altura.

Altura simulada en la cámara (m)	Presión en la cámara (mmHg)	Presión parcial de oxígeno PO ₂ (mmHg)	Presión parcial de nitrógeno PN ₂ (mmHg)
4012,85	476,64	100,08	371,77
2927,71	540,70	113,54	427,15
2651,80	558,33	117,24	441,08
2265,68	583,97	122,63	461,33
1783,91	617,62	129,70	487,91
1563,56	633,65	133,06	500,58
1264,42	656,08	137,77	518,30
954,96	680,12	142,82	537,29
636,73	705,76	148,20	557,55
367,56	728,20	152,92	575,27
88,25	752,24	157,97	594,26

Fuente: Propia

Tabla 12 Alturas de la diferentes ciudades del estado plurinacional Bolivia

Ciudades	H (m.s.n.m)
Potosí	3991
Oruro	3716
La Paz	3744
Sucre	2808
Cochabamba	2573
Tarija	1873
Santa Cruz	423
Pando	241
Beni	156

Fuente: propia

ANEXO V

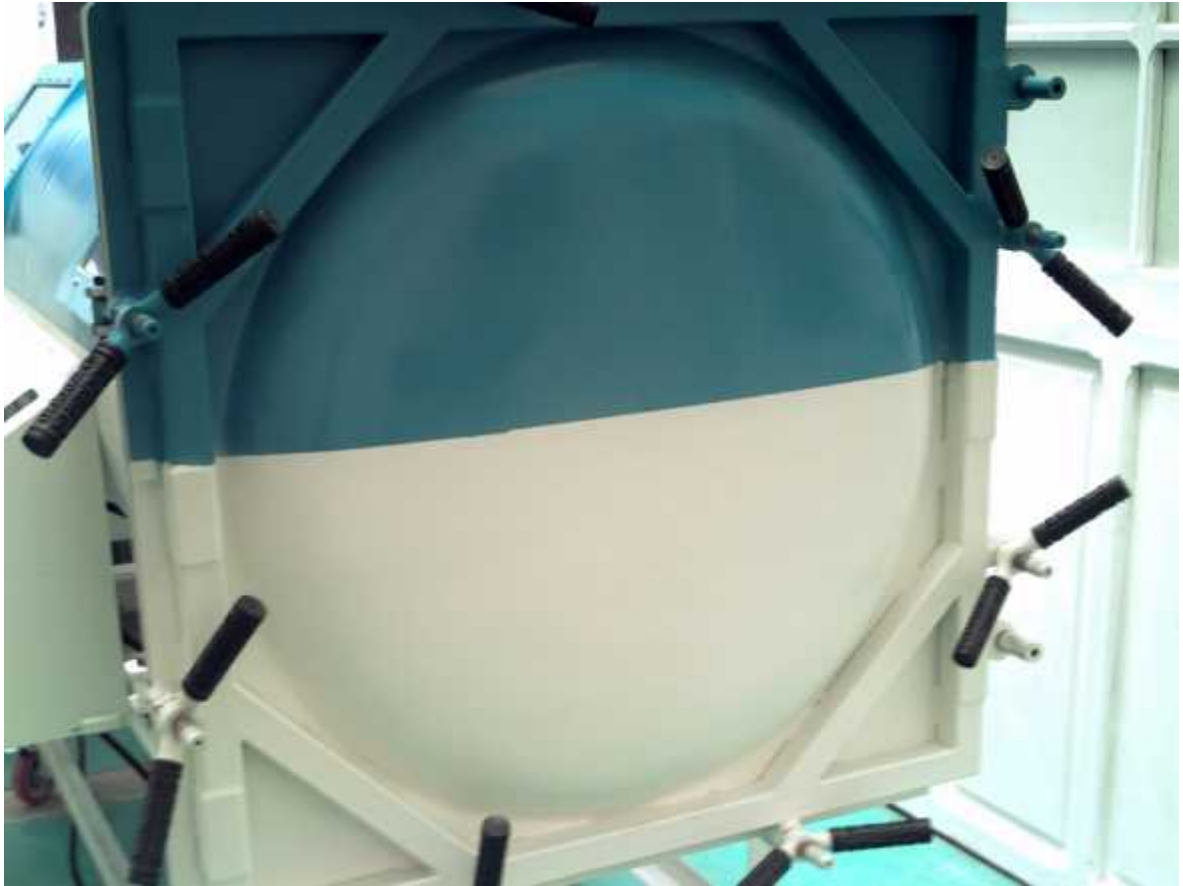


Foto 2.1 Puerta Hermética



Foto 2.2 Tablero de mando



Foto 2.3 Camilla, ventas y tablero de mando



Foto 2.4 Ventanas y tablero de mando



Foto 2.5 Colocación de rueda



Foto 2.5 Ruedas (dos)



Fotos 2.6a Pintado por fuera



Fotos 2.6b Pintado por fuera

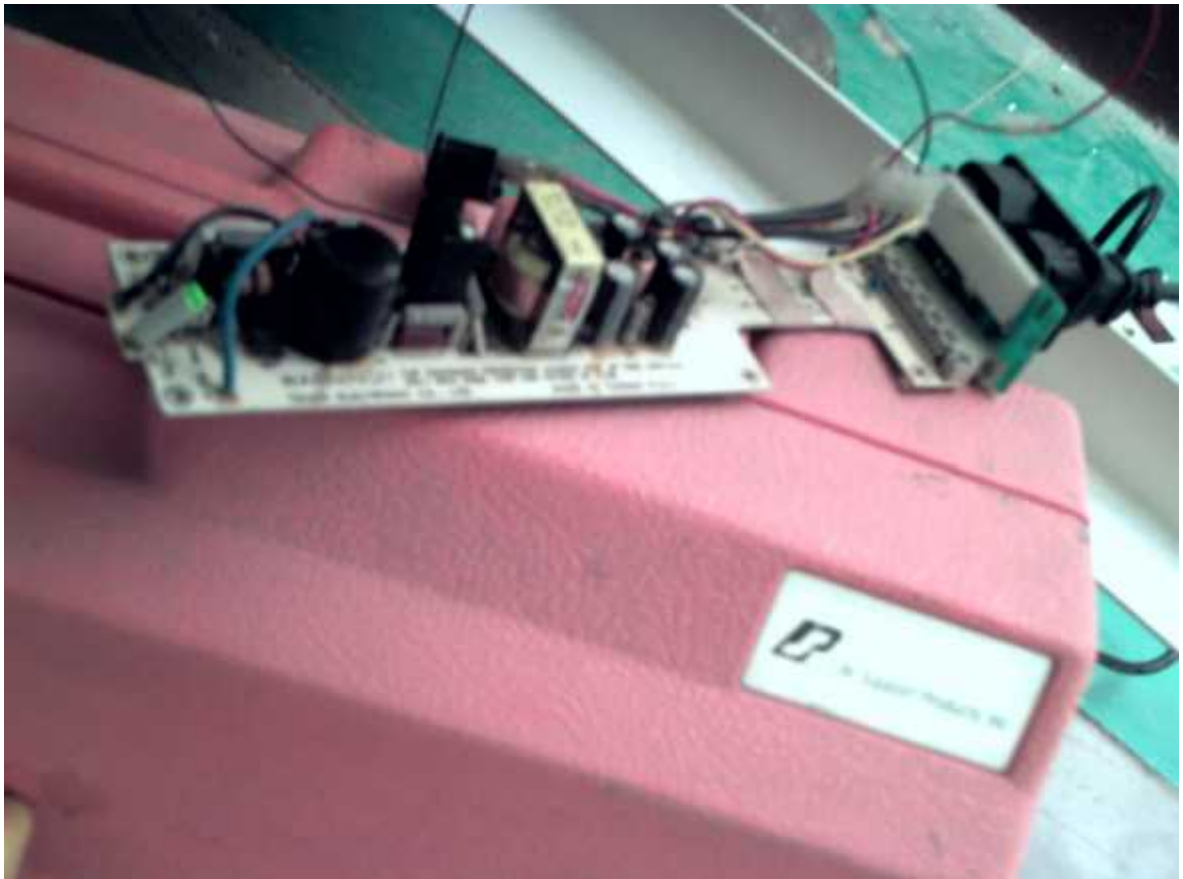


Foto 2.7a Componentes del intercomunicador

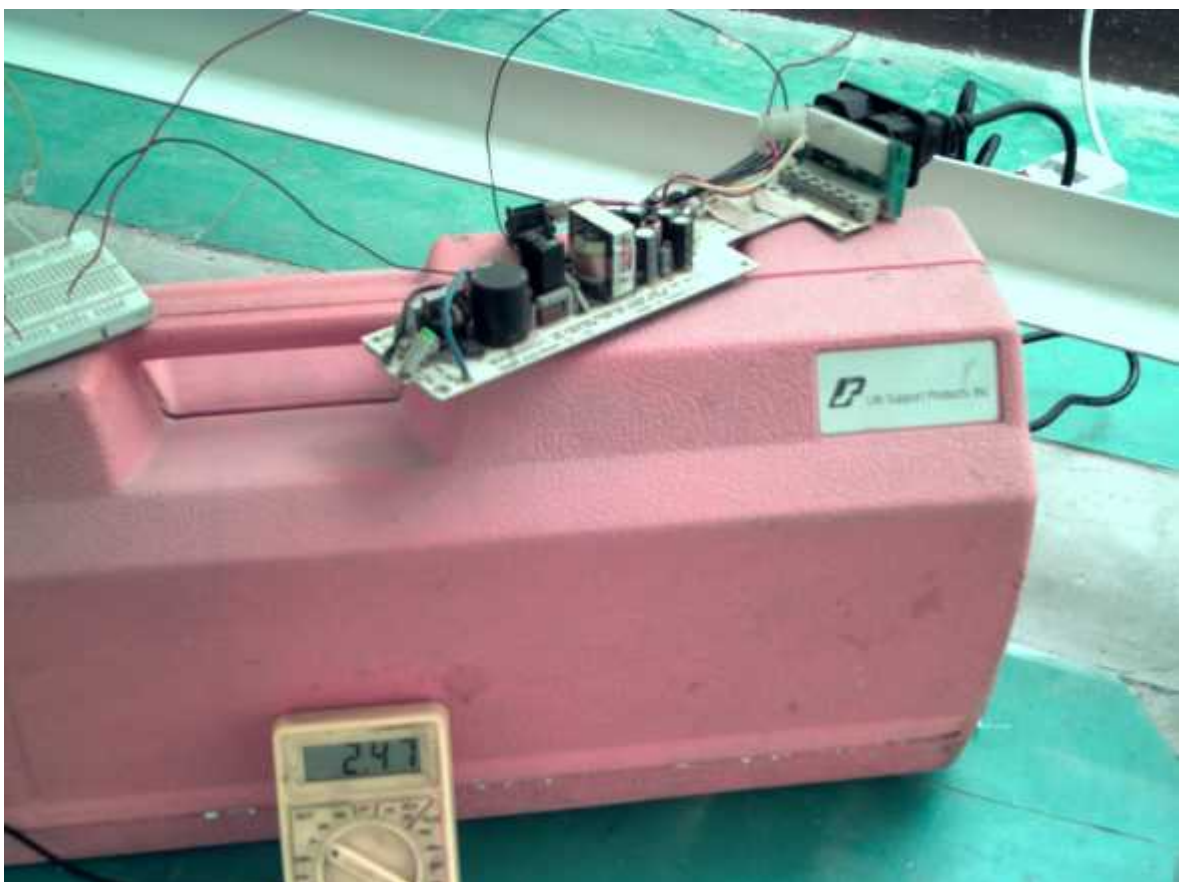


Foto 2.7b Componentes del intercomunicador y multítester



Foto 2.8a Compresora con accesorios



Foto 2.8b Compresora con accesorios



Foto 2.9a Camilla móvil (frontal)



Foto 2.9b Camilla móvil (lateral)