

# ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES

## CONSTRUCCIÓN LAGUNA 4 Y OBRAS COMPLEMENTARIAS LAGUNAS 2 Y 3 PLANTA TERMOELÉCTRICA WARNES

### INDICE DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE FAENAS, REPLANTEO, MITIGACION Y SERVICIOS DE CAMPO .....</b>	<b>1</b>
1.1	INSTALACIÓN DE FAENAS .....	1
1.1.1	Generales.....	1
1.1.2	Oficinas, almacenamiento de los combustibles y materiales de construcción.....	1
1.1.3	Aprovisionamiento de agua .....	1
1.1.4	Servicios sanitarios.....	2
1.1.5	Corriente eléctrica.....	2
1.1.6	Mantenimiento de las instalaciones.....	2
1.1.7	Seguridad Industrial y seguridad física.....	2
1.1.8	Desmovilización.....	2
1.2	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO .....	3
1.2.1	Mano de obra, herramientas y equipos .....	3
1.2.2	Ejecución .....	3
1.3	PLANOS "TAL COMO SE CONSTRUYÓ" .....	4
1.4	EJE HIDRAULICO .....	4
1.5	MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL .....	4
1.5.1	Señalización informativa y preventiva.....	4
1.5.2	Protección y reparación de las instalaciones existentes.....	5
1.5.3	Vías de acceso.....	5
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y RELLENOS .....</b>	<b>5</b>
2.1	MANO DE OBRA, EQUIPO Y MATERIALES .....	5
2.1.1	Ubicación de las obras .....	5
2.1.2	Datos del subsuelo.....	6
2.1.3	Explotación de áreas de préstamo.....	6
2.2	EXCAVACIONES .....	6
2.2.1	Definición .....	6
2.2.2	Clasificación .....	6
2.2.3	Drenaje y remoción del agua acumulada.....	7
2.2.4	Excavación en roca.....	7
2.2.5	Entibación.....	8
2.2.6	Agotamiento y drenaje .....	9
2.3	EXCAVACIÓN EN ZANJAS PARA TUBERIAS .....	9
2.4	EXCAVACIÓN PARA OBRAS CIVILES .....	11
2.5	RELLENO DE ESTRUCTURAS Y COMPACTACIÓN .....	11
2.5.1	Definición .....	11
2.5.2	Material para el relleno, herramientas y equipos, mano de obra .....	11
2.5.3	Procedimiento.....	12
2.6	RELLENO DE MATERIAL DE EXCAVACION SOBRANTE.....	12
2.6.1	Definición .....	12
2.6.2	Material para el relleno, herramientas y equipos, mano de obra .....	12
2.6.3	Relleno de Zanjas .....	12
2.7	RETIRO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN SOBRANTE.....	14
2.7.1	Definición .....	14
2.7.2	Mano de obra, herramientas y equipos .....	15
2.7.3	Ejecución .....	15

<b>3</b>	<b>HORMIGONES.....</b>	<b>16</b>
3.1	DEFINICIÓN .....	16
3.2	REQUISITOS DEL HORMIGÓN .....	16
3.3	MATERIALES PARA LA PREPARACIÓN DEL HORMIGÓN .....	17
3.3.1	Cemento .....	17
3.3.2	Aditivos .....	17
3.3.3	Agregados .....	18
3.3.4	Agua.....	19
3.4	PREPARACIÓN DEL HORMIGÓN .....	20
3.4.1	Composición de la mezcla .....	20
3.4.2	Proceso de mezclado .....	20
3.5	ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES .....	21
3.5.1	Generalidades.....	21
3.5.2	Agregados .....	21
3.5.3	Agua.....	21
3.5.4	Hormigón.....	22
3.6	TRANSPORTE DEL HORMIGÓN .....	23
3.7	COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN .....	23
3.7.1	Condiciones especiales.....	23
3.7.2	Colocación del hormigón en las zonas de cimentación .....	24
3.7.3	Prescripciones para el hormigonado.....	24
3.7.4	Hormigonado de construcciones cerradas .....	25
3.7.5	Empotrado de las armaduras con hormigón .....	25
3.7.6	Hormigonado a bajas temperaturas .....	26
3.7.7	Hormigonado bajo agua.....	26
3.7.8	Compactación del hormigón.....	26
3.7.9	Plan de Hormigonado - Juntas de trabajo.....	27
3.8	ENCOFRADO Y CIMBRAS .....	27
3.8.1	Requisitos generales .....	27
3.8.2	Planos de encofrado .....	28
3.8.3	Tratamiento de los elementos de encofrado .....	28
3.9	ARMADURA PARA EL HORMIGÓN .....	29
3.9.1	Planos de armadura.....	29
3.9.2	Suministro de la armadura para el hormigón .....	29
3.9.3	Calidad de acero.....	29
3.9.4	Almacenaje de la armadura.....	29
3.9.5	Condiciones de la armadura antes de su colocación.....	29
3.9.6	Doblado y colocación de la armadura .....	29
3.9.7	Aprobación por el Supervisor de Obra.....	30
3.10	PIEZAS METÁLICAS PARA EMPOTRAR.....	30
3.11	COLOCACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE JUNTAS.....	30
3.11.1	Generalidades.....	30
3.11.2	Juntas de trabajo .....	30
3.11.3	Juntas de dilatación.....	31
3.12	CURADO Y ACABADO.....	32
3.12.1	Curado del hormigón.....	32
3.12.2	Tratamiento de superficies visibles.....	32
3.13	PRUEBAS DE IMPERMEABILIDAD .....	33
3.14	TOLERANCIA PARA TRABAJOS DE HORMIGÓN .....	33
3.14.1	Tolerancia de posición.....	33
3.14.2	Tolerancias de desigualdades en las superficies .....	33
3.14.3	Incumplimiento de las tolerancias .....	34
3.14.4	Posición de fierros de armado .....	34
3.15	CÁMARAS, DEPÓSITOS, IMPERMEABILIZACIÓN, SELLADO DE JUNTAS .....	34
3.15.1	Impermeabilización interior de tanques, estanques, cámaras, etc. ....	34

3.15.2	Impermeabilización de sobrecimientos.....	35
3.15.3	Sellado de Juntas .....	35
<b>4</b>	<b>PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS .....</b>	<b>35</b>
4.1	GENERALIDADES .....	35
4.2	MATERIALES, HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MANO DE OBRA .....	35
4.3	TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO .....	35
4.4	INSTALACIÓN DE LOS TUBOS Y PIEZAS ESPECIALES .....	36
4.4.1	Tuberías de HDPE.....	36
4.5	PRUEBAS HIDRÁULICAS EN LAS TUBERÍAS.....	37
4.5.1	Definición .....	37
4.5.2	Ejecución .....	37
<b>5</b>	<b>SUMINISTRO, INSTALACION Y PRUEBA DE ACCESORIOS DE OPERACION.....</b>	<b>39</b>
5.1	DEFINICIÓN .....	39
5.2	VALVULAS Y COMPUERTAS.....	39
5.3	INSPECCIÓN Y PRUEBAS .....	40
5.3.1	Pruebas de materiales .....	40
5.3.2	Pruebas hidrostática y de funcionamiento.....	40
5.4	INSTALACIÓN DE PIEZAS ESPECIALES.....	41
<b>6</b>	<b>CONSTRUCCION DE DIQUES DE LAGUNAS DE ALMACENAMIENTO .....</b>	<b>41</b>
6.1	DEFINICION .....	41
6.2	MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO .....	41
6.3	PROCEDIMIENTO Y EJECUCION.....	42
6.3.1	Limpieza del terreno .....	42
6.3.2	Excavación.....	42
6.3.3	Rellenos y conformación de diques.....	42
<b>7</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANAS DE POLIETILENO.....</b>	<b>44</b>
7.1	DEFINICIÓN .....	44
7.2	ESPECIFICACIONES DE LA GEOMEMBRANA.....	47
7.3	PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE .....	47
7.4	INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA .....	50
7.5	PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA .....	50
7.6	SISTEMAS PARA SELLADO POR PENETRACIÓN DE TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS .....	51
7.7	CONTROL DE CALIDAD EN EL CAMPO .....	51

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES**

### **1 INSTALACIÓN DE FAENAS, REPLANTEO, MITIGACION Y SERVICIOS DE CAMPO**

Este capítulo comprende todos los trabajos preparatorios y previos a la iniciación de las obras que realizará el Contratista, tales como: disponer, transportar, descargar, instalar, mantener y proveer maquinarias, herramientas y materiales necesarios para la ejecución de las obras, construir y mantener vías temporales de acceso, construir barracas para los obreros, depósitos y oficinas de campo del Contratista, replanteo de obras, medidas de mitigación ambiental, medidas HSE y bioseguridad.

#### **1.1 INSTALACIÓN DE FAENAS**

##### **1.1.1 Generales**

Con anterioridad a la iniciación de las obras, el Contratista obtendrá la autorización del Supervisor de Obra respecto a la ubicación de los ambientes requeridos, en un área determinada por el Contratista y de acuerdo con el Cliente.

El trabajo se realizará dentro las instalaciones de la Planta Termoeléctrica Warnes de EA, para ello se debe considerar el cumplimiento de los reglamentos de seguridad industrial que dispone esta instalación.

##### **1.1.2 Oficinas, almacenamiento de los combustibles y materiales de construcción**

El Contratista construirá o alquilará las instalaciones provisionales, disponiendo oficinas para su propio uso, depósitos de materiales, bodegas, talleres, campamento, enfermería y primeros auxilios, con sus respectivas instalaciones sanitarias y eléctricas.

El Contratista tiene la obligación de disponer tanto en el sitio de la obra como en sus almacenes, depósitos suficientemente grandes para el almacenamiento de los materiales y de los combustibles necesarios durante la ejecución de la obra, así como las herramientas y equipo.

Las dimensiones de estos depósitos deberán permitir una reserva tal, que garantice el desarrollo ininterrumpido de las obras. Si el cumplimiento de estas disposiciones ocasionase retrasos en el avance de los trabajos, el Contratista será el único responsable.

##### **1.1.3 Aproveccionamiento de agua**

El Contratista es el responsable del aprovisionamiento de agua para cubrir las necesidades de la OBRA (agua potable y agua para construcción).

El Contratista puede informarse en el lugar sobre la posibilidad de tomar agua de las fuentes existentes y solicitar la autorización correspondiente de EA. El Contratante y el Supervisor de Obra, no garantizarán cantidad y calidad de suministro de agua.

#### **1.1.4 Servicios sanitarios**

Para residuos líquidos sanitarios y de construcción e industriales, el contratista debe disponer su propio sistema de tratamiento y disposición en concordancia con las instrucciones y/o autorizaciones del área Ambiental de la Supervisión.

#### **1.1.5 Corriente eléctrica**

En caso de que el Contratista necesitara corriente eléctrica para las obras, deberá informarse sobre la posibilidad de conexión al sistema interno de EA y solicitar la autorización correspondiente.

El Contratista, instalará y proveerá todas las conexiones eléctricas necesarias para la ejecución del proyecto. Los gastos económicos que implican la instalación, construcción, consumo de energía durante la construcción, correr por cuenta del Contratista.

#### **1.1.6 Mantenimiento de las instalaciones**

El Contratista deberá mantener hasta el final de la obra las instalaciones, cuidando la higiene del local, conservación del equipamiento, limpieza y buena presentación del área.

Al final de la obra, con autorización del Supervisor de Obra, el Contratista deberá remover todas las instalaciones de su propiedad, equipos, construcciones provisorias, escombros, etc. dejando el sitio en las mismas condiciones o mejorando el área afectada por los trabajos.

Es responsabilidad del Contratista disponer de los depósitos requeridos para el almacenaje de materiales y todas las tuberías, accesorios y piezas especiales a ser provistas e instaladas en este proyecto, así como la administración, seguridad y manipuleo, debiendo el Contratista prever en sus costos todos los insumos necesarios para el efecto. Cualquier pérdida o daño del material bajo su custodia, es de exclusiva responsabilidad del Contratista.

#### **1.1.7 Seguridad Industrial y seguridad física**

Los trabajadores están obligados a usar Equipos de Protección Personal como cascos protectores en todos los frentes de Obra. Estos cascos deberán cumplir estrictamente lo estipulado en las Normas Bolivianas NB 350-80 y NB 351-80.

El CONTRATISTA dispondrá de serenos y vigilantes en número suficiente para el cuidado del material, la infraestructura y el equipo que permanecerán bajo su total responsabilidad.

El CONTRATISTA tomará además, por iniciativa propia, las medidas que él juzgue necesarias y considerará en todo momento las sugerencias e indicaciones del SUPERVISOR respecto a la seguridad en las obras.

#### **1.1.8 Desmovilización**

Están incluidos también los trabajos de desmontaje, retiro y limpieza de las instalaciones generales de la obra, incluyendo los equipamientos empleados, y disponiendo los

materiales residuales en lugares apropiados y aprobados por la Supervisión de Obra.

Al final de la obra, con autorización del Supervisor de Obra, el Contratista deberá remover todas las instalaciones de su propiedad, equipos, construcciones provisionales, escombros, etc. dejando el sitio en las mismas condiciones o mejorando el área afectada por los trabajos.

## **1.2 REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO**

Este capítulo comprende el replanteo a ser realizado por el Contratista para la localización en general y en detalle de toda la obra en sujeción y conformidad a los planos de construcción y/o indicaciones del Supervisor de Obra.

El costo correspondiente al trazado de los ejes de construcción y niveles, además del replanteo del eje de los diques, las tuberías y otros, tendrán un ítem único específico de pago, por lo que el Contratista debe incluir en los gastos todas las actividades relacionadas.

Este trabajo es permanente durante la ejecución de las obras debido a la naturaleza del proyecto.

### **1.2.1 Mano de obra, herramientas y equipos**

El Contratista deberá proveer todos los materiales, herramientas y equipo necesarios para la correcta ejecución de obras y en las mínimas condiciones de seguridad industrial requeridas.

### **1.2.2 Ejecución**

El Contratante mantiene una serie de referencias topográficas (BMs) en diferentes sitios cercanos a las obras contempladas en el proyecto. A partir de estos BMs, el Contratista establecerá y mantendrá todos los puntos de referencia y mojones, ejes y puntos auxiliares de referencia que se requieran, con la suficiente anticipación para someter a la aprobación del Supervisor de Obra. Hayan sido o no comprobadas las estacas de construcción por el Supervisor de Obra, el Contratista será responsable de la terminación de todas las partes de la obra, de acuerdo a las elevaciones, alineación y ubicación correcta.

El Contratista, hará el replanteo de todas las obras a construirse. La localización general, alineamientos, elevaciones y niveles serán marcados en el terreno, para permitir en cualquier momento el control por parte del Supervisor de Obra; para el tendido de tuberías y la construcción de las obras especiales; tales como cámaras, diques, tuberías, lagunas; y otras obras especiales.

Las marcas de nivel, monumentos de levantamiento topográfico y trazos de construcción, serán cuidadosamente conservadas por el Contratista.

La zona de trabajo definida en este caso como la franja o área objeto del derecho de paso para el replanteo, deberá ser despejada de troncos, malezas y demás materiales u obstáculos.

El replanteo de cada sector de trabajo deberá contar con la aprobación escrita del Supervisor de Obra con anterioridad a la iniciación de cualquier trabajo, aprobación

que no releva al Contratista de su responsabilidad del correcto replanteo de la Obra.

### **1.3 PLANOS "TAL COMO SE CONSTRUYÓ"**

El Contratista será responsable de preparar y suministrar al Contratante planos de las obras "tal como fueron construidas" (as built) de todos los componentes del proyecto, debidamente aprobados por el Supervisor de Obra. Estos planos deberán presentar en forma detallada todos los elementos necesarios para describir las obras en la forma como se han construido e instalado, tales como planos de ubicación y referenciación, planta y perfil, cortes, secciones y detalles constructivos, dimensiones, cotas y otros, en las escalas adecuadas.

En el caso de las tuberías de conducción, estos planos se deberán presentar en forma mensual para los tramos concluidos y aprobados. Para las obras civiles, instalaciones y obras especiales, una vez concluidas.

A tal efecto, se suministrará un juego "original" de planos para que sobre éste el Contratista dibuje "como construido". Estos planos deberán tener la fecha de actualización e indicar "plano como construido" y el nombre y firma del Supervisor de Obra y del Contratista que efectuó la actualización.

### **1.4 EJE HIDRAULICO**

Previo a su construcción, y después del replanteo el contratista deberá establecer el eje hidráulico de funcionamiento del sistema de interconexión de las lagunas con la verificación de niveles de funcionamiento de estructuras de entrada, salida, interconexión, cámaras y otros, a fin de aprobarse la construcción posterior.

Este eje hidráulico debe respetar los niveles y profundidades de agua de las lagunas de proyecto, sin embargo podrá modificar las estructuras de entrada y salida en función al mejor funcionamiento previsto. Toda modificación debe contar con la aprobación del Supervisor de Obra.

### **1.5 MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL**

El programa de construcción, deberá organizarse de manera que no presente inconveniente de obstrucción de obras, menor alteración del entorno ambiental y derechos de propiedad así como al tráfico vehicular y peatonal.

#### **1.5.1 Señalización informativa y preventiva**

Mientras dure la obra deberá instalar y mantener la señalización necesaria para preservar bienes y servicios durante toda la etapa constructiva, así como para garantizar la seguridad de las personas. La señalización consistirá en letreros con suficiente visibilidad para el tráfico vehicular tanto diurno como nocturno. Así mismo el tráfico peatonal será preservado mediante barreras de cintas llamativas y/o señales visibles necesarias para anunciar precaución o peligro. Se deberá tener especial cuidado en la señalización nocturna, la misma que deberá ser lo suficientemente visible y segura, de tal manera que dure toda la noche y advierta a las personas de los peligros de la obra con la suficiente anticipación.

En lo posible, la circulación de las vías existentes en PTW, deberá mantenerse libre

en cada momento, a menos que el Propietario autorice su bloqueo por el tiempo absolutamente necesario para la construcción.

### **1.5.2 Protección y reparación de las instalaciones existentes**

El Contratista será responsable de proteger todas las instalaciones e infraestructura existentes tales como: árboles, postes, cercos, letreros, señalizaciones, acueductos, tuberías de agua potable, alcantarillados, desagües pluviales, canales de riego, cables eléctricos, cables telefónicos, cámaras, tuberías de gas y otros, de tal manera que no se afecten durante la construcción de las obras previstas en el contrato.

En el caso de dañar cualquier elemento, éste deberá ser reparado o repuesto de manera que quede tal cual estaba o en mejores condiciones. El costo total de las medidas previsoras, así como de las reparaciones y reposiciones será cubierto íntegramente por el Contratista.

Deberá proceder con la reparación de afectaciones a la infraestructura del servicio de agua potable existente u otros. Mientras dure la ejecución de la obra toda actividad de reubicación de cámaras de válvulas, trazado de tuberías existentes, reparaciones e incluso la provisión temporal en caso de cortes producto del trabajo del contratista está incluido en este ítem.

### **1.5.3 Vías de acceso**

Mientras dure la obra es responsable de la habilitación, mantenimiento y abandono de vías de acceso temporal hacia la zona de lagunas. Así como el mantenimiento de las vías existentes circundantes a la zona de obras.

## **2 MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y RELLENOS**

El Contratista será responsable por los trabajos de movimiento de tierras y de otros complementarios que podrán ser autorizados por el Supervisor de Obra:

- Limpieza de terreno natural y protección del área de implementación de la obra.
- Excavación para obras civiles.
- Rellenos compactados.
- Provisión de materiales para el relleno.
- Explotación de áreas de préstamo.
- Retiro de excedentes.
- Limpieza de escombros.
- Nivelación de fundaciones.

### **2.1 MANO DE OBRA, EQUIPO Y MATERIALES**

El Contratista deberá suministrar toda la mano de obra, equipos y materiales necesarios para la completa ejecución de los trabajos especificados, extendida aún a las actividades complementarias a la ejecución de las obras, no explícitamente indicadas en esta sección de las especificaciones, pero incluidas en otras secciones, además de las que puedan ser objeto de instrucción y autorización por parte del Supervisor de Obra.

#### **2.1.1 Ubicación de las obras**

El Contratista será responsable por el replanteo planialtimétrico de todas las obras,



conforme se indica en los diseños, a partir de puntos de referencia existentes y que serán indicados por el Supervisor de Obra.

### **2.1.2 Datos del subsuelo**

Se informa que la napa freática se encuentra entre 1 y 1.50 metros de profundidad. Durante el diseño se efectuaron pozos de reconocimiento del suelo en varios puntos del área de infiltración, que podrán servir de orientación al Contratista en la evaluación de los métodos de ejecución y programación de los servicios a ser ejecutados.

Las informaciones de este reconocimiento no son garantizadas como representativas de todas las condiciones en que se encuentra el subsuelo. De esta forma el Contratista deberá realizar sus propios ensayos a fin de establecer las condiciones de obra.

El Supervisor de Obra en función de la importancia de la estructura podrá solicitar al Contratista sondeos, pozos de reconocimiento o ensayos complementarios relativos a sondeos, límites de consistencia, líquido y de plasticidad, de los suelos, ensayos Proctor Modificado, ensayo granulométrico, de compresión simple, etc. en cortes y rellenos. El costo de estas actividades deberá estar considerado dentro los gastos generales del proyecto y no significarán aumentos especiales de Contrato.

### **2.1.3 Explotación de áreas de préstamo**

En general, todo el material a ser utilizado en los rellenos se obtendrá de las propias excavaciones en el área del proyecto; sin embargo, en caso de ser necesario suelo adicional, suelo seleccionado, o material ligante, el Contratista deberá utilizar de préstamos de suelo previamente concertados y aprobados por el Supervisor de Obra.

La explotación de las áreas de préstamo será de exclusiva responsabilidad del Contratista.

## **2.2 EXCAVACIONES**

### **2.2.1 Definición**

Comprende todos los trabajos de excavación de zanjas para colocación de tuberías, fundación de diques de lagunas, obras especiales; tales como construcción de cámaras y obras civiles en hormigón armado y simple, a ejecutarse en la clase de terreno que se encuentre y hasta la profundidad necesaria y señalada en los planos de construcción o las que señale el Supervisor de Obra. También comprende la entibación y agotamiento del agua donde fuera necesario; la protección de las excavaciones de todos los cortes y acabado de sus taludes en el caso dado. Todos estos trabajos se llevarán a cabo atendiendo a los planos respectivos, a estas especificaciones o de acuerdo a las instrucciones del Supervisor de Obra.

### **2.2.2 Clasificación**

De acuerdo a la naturaleza y características del suelo a excavar, se establecerá para las excavaciones la clasificación siguiente:

#### **Excavación común**

Suelos de cualquier naturaleza, excepto roca, tales como suelos con ninguna o poca

cohesión, arcilla suelta, conglomerados blandos y húmedos, arena, arcilla arenosa, grava suelta, conglomerados, pizarras descompuestas, etc., removibles con herramientas y equipos de excavación sin uso rutinario de explosivos.

### **Excavación en roca**

Comprende a suelos conformados por roca dura y grandes bolones que no pueden ser retirados de la excavación sin una fragmentación previa con uso de explosivos.

El Supervisor de Obra clasificará los suelos y no se hará distinción entre materiales secos, húmedos, inundados, duros o blandos y sueltos o compactos.

### **2.2.3 Drenaje y remoción del agua acumulada**

- El Contratista deberá construir un drenaje adecuado para todas las secciones de operación, y trabajos en la zona de proyecto, evitando la acumulación de aguas, así como la erosión y desmoronamientos.
- Las áreas excavadas deberán estar libres de la acumulación de aguas pluviales y surgentes durante todo el tiempo de ejecución de los trabajos. El material excavado, considerado adecuado para su empleo en el relleno, se depositará de forma adecuada en los sitios autorizados por el Supervisor de Obra.
- Se removerá del sitio de trabajo la tierra excavada que se encuentra en una de las siguientes categorías:
  - Material inadecuado para rellenos (material orgánico).
  - Material aceptable pero no necesario para el relleno.
  - Todo material que interfiera con las operaciones o con construcciones adyacentes.
  - Cuando el material excavado, a criterio del Supervisor de Obra, sea apropiado para utilización en relleno, en principio se depositará al lado o próximo de la excavación, aguardando su aprovechamiento.
- En caso de que sea necesario, todas las áreas de las obras deberán estar provistas de pozos o rebajamientos destinados a acumular las aguas para su posterior bombeo. El Contratista deberá mantener en el sitio, bombas y equipos adecuados en condiciones tales que pueden ser utilizados cuando sea necesario, todos los costos de agotamiento en caso necesario deberán estar incluidos en los gastos generales de la propuesta del contratista.
- El Contratista será responsable por daños causados a la obra, debido a falta de protección y drenaje adecuados.

### **2.2.4 Excavación en roca**

Aun cuando NO se tiene prevista esta situación en la zona de obras, toda vez que la excavación, en virtud de las características del terreno, tenga roca con diámetros mayores a 1.0 m, todo el personal del Contratista que maneje explosivos, deberá ser acreditado, con mucha experiencia en el manejo de los mismos.

El Contratista deberá tomar las precauciones para asegurar que el efecto de los explosivos no dañe a personas o propiedades de terceros. Con este fin, el Contratista

deberá preparar un Plan de Pruebas para determinar el método de voladura más seguro y más conveniente. Este plan incluirá el sistema patrón de taladros que se utilizará para lograr la excavación y los largos de perforación seguros para cada disparo de explosivos. La excavación en roca será pagada por metro cúbico de material removido, sin embargo, no se reconocerá pago por sobrevoladura que exceda al 15% de los volúmenes indicados en los planos.

La aprobación del Plan de Pruebas del Contratista no lo liberará de la responsabilidad civil de no ocasionar daños a terceros con su procedimiento de construcción. Todo trabajo de excavación con explosivos, deberá ser informado al Supervisor de Obra y autorizado por éste.

### **2.2.5 Entibación**

Cuando se tenga esta situación en la zona de obras, toda vez que la excavación, en virtud de las características del terreno pueda provocar desmoronamiento, deberá procurarse la entibación de las zanjas. El costo que implique el uso de este recurso deberá estar incluido en los gastos generales del Contratista.

El tipo de entibación será proyectado por el Contratista y aprobado por el Supervisor de Obra, la misma que no lo eximirá de responsabilidad por fallas que se produzcan.

El diseño deberá tomar en cuenta las condiciones del terreno, el flujo de agua, la profundidad de excavación y el ancho de la zanja. El Contratista presentará a consideración del Supervisor el método constructivo con el detalle de la sucesión de tareas que tienen relación con la colocación y retiro de entibados.

Los entibados que se construyan en madera deberán utilizar material de calidad estructural proveniente de especies forestales, tales como Almendrillo, Palo María, etc., libre de defectos.

Los entibados metálicos que se utilicen, estarán respaldados por un diseño estructural debiendo el material cumplir con las normas AASHTO M 202 - M 223.

La colocación del entibado deberá acompañar la excavación. La disposición de los entibados será continua en las paredes de la excavación tal que asegure la estabilidad de las paredes, debiéndose tomar todo cuidado en la colocación de los travesaños para que los mismos queden perpendiculares a los planos de entibación y dispuestos de tal modo que permita el avance de excavación con el uso de aparejos para extraer el material o el manipuleo de las tuberías cuando se proceda a su colocación en el fondo de la zanja o la construcción de otras obras civiles.

Cuando la excavación llegue a la cota de la solera del tubo u otras obras, el entibado deberá ser introducido por debajo de esta cota en función de la naturaleza del terreno, de acuerdo al cálculo estructural y las instrucciones del Supervisor.

Para evitar sobrecargas, el material excavado será colocado a una distancia de la zanja equivalente como mínimo a su profundidad.

El plan de retiro de las piezas deberá ser objeto de programa presentado por el Contratista y aprobado por el Supervisor de Obra. A la conclusión de los trabajos se procederá al retiro del entibado que coincidirá con el relleno de la zanja que será ejecutado de acuerdo a las prescripciones del relleno descritas en estas especificaciones

técnicas.

La remoción de la cortina deberá ser ejecutada a medida que avance el relleno y compactación, con el retiro progresivo de travesaños, largueros y tabloncillos verticales.

### **2.2.6 Agotamiento y drenaje**

Si para las condiciones previstas en obra se encuentra la presencia de nivel freático, en situaciones especiales y a fin de permitir la ejecución de los trabajos en seco, el Contratista deberá disponer de equipo suficiente de grupos moto-bomba, para casos donde el agua no pueda ser retirada por gravedad.

Durante el agotamiento, el Contratista deberá inspeccionar continuamente la región aguas abajo de la excavación a ser agotada, de forma de poder tomar providencias inmediatas en el sentido de controlar las eventuales infiltraciones.

El servicio de agotamiento con bombas consistirá en el uso de bombas de superficie o sumergidas.

Las instalaciones, de bomba deberán dimensionarse con suficiente margen de seguridad para evitar irregularidades en las operaciones de agotamiento.

El agua bombeada deberá conducirse para lugares adecuados de manera que no causen problemas o interfieran en las áreas vecinas al lugar de trabajo.

En el caso de inundación de zanjas, una vez finalizada la lluvia y agotadas las zanjas, los tubos ya asentados deberán limpiarse internamente y aquellos cuyas extremidades estén cerradas deberán ser convenientemente afianzados de manera de impedir que floten si las zanjas se inundan.

Las excavaciones deberán ser protegidas contra inundación de aguas superficiales mediante construcción de muretes, diques de tierra o canaletas longitudinales en los bordes de la excavación.

El agotamiento de excavaciones inundadas, conforme el caso, podrá efectuarse por medio de bombas de superficie o sumergidas.

En el caso de arcillas impermeables el bombeo podrá ser directo, desde que el nivel estático del agua no exceda en más de 1,0 m del fondo de la zanja.

En el fondo de la zanja se ejecutarán drenes laterales, junto a la entibación, fuera del área de trabajo, a fin de que el agua pueda recogerse por medio de bombas en puntos adecuados. Las cribas de las bombas deberán instalarse en pequeños pozos cubiertos de gravilla, de modo de evitar la erosión.

El agotamiento deberá mantenerse hasta la conclusión de los trabajos de las obras civiles, de modo que la presencia de agua no afecte a los trabajos posteriores.

**El costo de estos trabajos deberá estar incluido dentro los gastos generales del Contratista.**

## **2.3 EXCAVACIÓN EN ZANJAS PARA TUBERIAS**

Una vez que los trabajos de replanteo y trazado han sido aprobados por el Supervisor de Obra, se procederá a la excavación propiamente dicha. Previo, el Contratista notificará con 48 horas de anticipación antes de iniciar los trabajos.

El volumen de excavación deberá contemplar la sobre-excavación del nicho necesario para alojar las campanas de las tuberías. Para la ejecución eventual de entibamiento, el ancho de zanjas se incrementará en 0.10 m.

En excavaciones de profundidad de zanja mayor a 2.00 m o cuando se requiera entibado el ancho de zanja será incrementado en 0.10 m. Si por razones de las dimensiones de los equipos empleados para la excavación, metodología de trabajo u otras razones, el Contratista excavara anchos mayores de zanjas a los indicados o autorizados por el Supervisor de Obra, no se reconocerán los mayores volúmenes resultantes de la excavación y rellenos.

La excavación de zanjas se ejecutará a cielo abierto. La excavación en túnel será realizada, solamente en casos especiales previa autorización expresa del Supervisor de Obra.

Las excavaciones se realizarán con maquinaria, debiendo los últimos 10 cm de excavación del fondo ser nivelados y terminados a mano de manera que la base de fundación ofrezca un apoyo firme a todo el largo de la tubería. Después de haberse terminado un tramo de excavación, no se colocará la tubería, hasta que se apruebe la profundidad, pendiente, eje y la naturaleza del terreno de fundación.

En caso de excavar por debajo del límite inferior especificado en los planos o señalado por el Supervisor de Obra, el Contratista rellenará el exceso por su cuenta y riesgo, relleno que será propuesto al Supervisor de Obra y aprobado por éste antes y después de su realización.

En caso de excavación en roca, la profundidad de la zanja deberá considerar la cama de apoyo de la tubería, debiendo ser autorizado por el Supervisor de Obra.

El material extraído será apilado a un lado y a 30 cm de distancia del borde de la zanja, de manera que no se produzcan presiones en el lado de la pared respectiva, quedando el otro lado libre para la manipulación y maniobra de los tubos al ser colocados en la zanja.

En zanjas profundas, donde la excavación sea de tipo manual, se colocarán plataformas intermedias para el traspaleo del material. El Contratista deberá ejecutar todos los trabajos de entibamiento, agotamiento y drenaje necesarios para la excavación que deberá mantenerse hasta la finalización de los trabajos de instalación de las tuberías, retirándose en forma programada con los rellenos.

La excavación deberá permitir, en función a la profundidad, dos espacios a ambos lados de la tubería para su manipulación y traspaleo.

Durante todo el proceso de excavación, el Contratista pondrá todo el cuidado necesario para evitar daños a estructuras que se hallen en sitios objeto de la excavación.

Las edificaciones, árboles y otros que por efectos de trabajo pudieran verse en peligro, serán protegidos adecuadamente a responsabilidad del Contratista.

El Contratista será el único responsable por los daños que se produzcan por la inobservancia de esta estipulación, que deberán ser subsanados a su costo y tan pronto como se presentan.

## **2.4 EXCAVACIÓN PARA OBRAS CIVILES**

Bajo esta denominación se entiende todas las excavaciones destinadas a la implantación de estructuras, obras civiles en hormigón armado y simple, hormigón ciclópeo, etc., que no estén comprendidas en la excavación de zanjas y que formen fosas de excavación.

En los bordes superiores del área de excavación, se mantendrá en el terreno una faja de seguridad libre de material de excavación y de otros materiales, para evitar que estos caigan en la fosa o causen el derrumbe de los taludes de la misma. Dicho espacio de trabajo tendrá un ancho mínimo de 0.60 m.

No se deberá sobrepasar la profundidad prescrita para el fondo de la fosa de excavación. El terreno podrá ser excavado a máquina hasta una distancia de 10cm del nivel de fundación, que serán excavados a mano sin alterar el terreno de fundación. En caso de que la excavación fuese realizada a mayor profundidad del nivel de fundación indicado en los planos de construcción, el Contratista deberá rellenar y compactar el espacio excavado por su propia cuenta en forma indicada por el Supervisor de Obra.

Donde se considere necesario y lo autorice el Supervisor de Obra, se reconocerá un ancho adicional de hasta un metro a la sección de las excavaciones como compensación a la excavación adicional requerida para lograr los entibados y agotamientos necesarios. No se reconocerá ninguna otra sobre-excavación por ningún concepto.

La estabilidad y el mantenimiento de los taludes son de exclusiva responsabilidad del Contratista.

## **2.5 RELLENO DE ESTRUCTURAS Y COMPACTACIÓN**

### **2.5.1 Definición**

Comprende todos los trabajos de relleno de las zanjas, obras de estructura y construcción de terraplenes y nivelación de terreno, así como su compactación, siguiendo la tecnología o procedimiento descrito en estas especificaciones e instrucciones del Supervisor de Obra.

### **2.5.2 Material para el relleno, herramientas y equipos, mano de obra**

El material de relleno será normalmente el mismo material excavado del lugar, siempre que el Supervisor de Obra lo apruebe en cuanto a su calidad.

Cualquier otro material adicionalmente necesario, deberá obtenerse con preferencia de sobrantes de la excavación y será provisto por el Contratista previa aprobación del Supervisor de Obra.

De acuerdo a la calidad de los suelos, el Supervisor de Obra definirá que material será empleado; en caso de requerirse material de préstamo, el contratista propondrá el banco y material a usar. El Supervisor mediante los ensayos que vea por conveniente, juzgará si el material es el apropiado o en su caso ordenará la búsqueda de otro banco de préstamo. El Contratista cubrirá el costo de estos ensayos. La mano de obra, herramientas y equipos, serán provistos por el Contratista.

### **2.5.3 Procedimiento**

Bajo esta denominación se entiende el relleno destinado a la implantación de estructuras, obras civiles en hormigón armado y simple, hormigón ciclópeo, etc., que no estén comprendidas en el ítem relleno de zanjas.

Previamente a efectuarse el relleno, se deberá escarificar el terreno o rastrillar para que se efectúe una buena adherencia con el material del lugar.

Todas las áreas comprendidas en el trabajo deberán nivelarse en forma uniforme y de acuerdo a las elevaciones que se indiquen en los planos. La superficie final se deberá entregar libre de irregularidades.

Luego de que las estructuras se encuentren acabadas, el relleno deberá ser colocado hasta el nivel del terreno original o hasta los límites indicados en los planos.

En lo posible debe usarse el material excavado, en todo caso deberá efectuarse relleno de obras de hormigón por lo menos 15 días después de vaciada la estructura.

El relleno deberá ser colocado en capas de una altura máxima de 30 cm, las mismas que deben ser compactadas con un compactador liviano. Deberá evitarse asentamiento del material por inundación y protegerse en forma adecuada contra el deslave y erosión debido al escurrimiento pluvial, principalmente en terrenos con fuertes pendientes.

El grado de compactación a obtenerse será igual al 95% de la densidad del PROCTOR Modificado AASHTO T-180.

## **2.6 RELLENO DE MATERIAL DE EXCAVACION SOBRANTE**

### **2.6.1 Definición**

Comprende todos los trabajos necesarios para la recolección, carguío, transporte y depósito de escombros y materiales sobrantes del movimiento de tierras.

### **2.6.2 Material para el relleno, herramientas y equipos, mano de obra**

El material de relleno será normalmente el mismo material excavado del lugar, siempre que el Supervisor de Obra lo apruebe en cuanto a su calidad.

Cualquier otro material adicionalmente necesario, deberá obtenerse con preferencia de sobrantes de la excavación y será provisto por el Contratista previa aprobación del Supervisor de Obra.

De acuerdo a la calidad de los suelos, el Supervisor de Obra definirá que material será empleado; en caso de requerirse material de préstamo, el contratista propondrá el banco y material a usar. El Supervisor mediante los ensayos que vea por conveniente, juzgará si el material es el apropiado o en su caso ordenará la búsqueda de otro banco de préstamo. El Contratista cubrirá el costo de estos ensayos. La mano de obra, herramientas y equipos serán provistos por el Contratista.

### **2.6.3 Relleno de Zanjas**

Una vez colocadas las tuberías y realizadas las juntas de unión y en correspondencia a la ejecución de las pruebas correspondientes en las tuberías, se dará aviso al Supervisor de Obra quien comprobará el tendido y autorizará el relleno que se realizará de acuerdo a las siguientes estipulaciones:

### **Asiento de tubería**

El tubo debe descansar en una base de arena fina provista de bancos de préstamo o material de la propia excavación, previa autorización de la supervisión, con un espesor por debajo de la generatriz inferior del tubo de  $\frac{1}{4}$  del diámetro exterior del tubo o 10 cm, eligiendo el mayor de ellos, hasta una altura definida por la intersección de los lados en un ángulo de 90° medido a partir del centro del tubo. A continuación, hasta un mínimo de 15 cm sobre la clave de la tubería será relleno con tierra cernida compactada manualmente.

Los asientos serán contruidos antes del tendido de la tubería y deberán ser aprobados por el Supervisor de Obra. La obtención del material para la construcción de asientos es responsabilidad del Contratista.

El material seleccionado para el relleno deberá ser aprobado por el Supervisor. El Contratista deberá solicitar la aprobación de los bancos de préstamo tanto de los materiales granulares como del material seleccionado que utilice en los asientos y el relleno por capas.

El material será compactado manualmente, luego se dispondrá de un relleno con compactación manual con material seleccionado de acuerdo a las especificaciones correspondientes al relleno.

### **Relleno alrededor y sobre la tubería**

La zanja será rellena hasta una altura de 0.30 m sobre la clave de la tubería con material seleccionado proveniente de la propia excavación o de préstamo debiendo cumplir con los requerimientos de calidad estipulados para los tipos de asiento granular de las tuberías. Este material será compactado hasta una densidad del 90% (noventa por ciento), del valor obtenido del Ensayo Proctor Modificado, AASHTO T-180, y con el contenido óptimo de humedad proporcionado por riego.

El material para el relleno inicial, deberá ser extendido en capas de 0.10 m de espesor y apisonarse muy cuidadosamente antes de colocar la próxima capa. Se deberá cuidar que el material quede correctamente consolidado debajo de la tubería y las uniones y entre la tubería y las paredes de la zanja.

Materiales arenosos, deben ser acondicionados hasta lograr un contenido óptimo de humedad, colocándose luego en capas no mayores de 0.10 m, convenientemente compactadas mediante pisones manuales.

### **Relleno de la zanja con material común**

El material de zanja podrá ser usado como relleno desde los 0.30 m sobre el nivel de la clave de la tubería, hasta la rasante final, siempre y cuando el material esté libre de vegetación, piedras grandes, escombros, etc. El material será compactado hasta conseguir una densidad de 95% del Ensayo Proctor Modificado AASHTO T-180.



En caso que el material de la zanja sea inadecuado o insuficiente para el relleno compactado de las zanjas, el Contratista deberá proveer el material adicional de bancos de préstamo en los volúmenes y/o proporciones de mezcla requeridos, previa aprobación e instrucciones del Supervisor de Obra.

No se deberá transitar, dejar caer ladrillos o piedras grandes sobre el relleno compactado hasta que haya alcanzado una altura de 0.80 m por encima de la clave de la tubería.

En ningún caso debe utilizarse para el relleno material congelado o semicongelado.

### **Compactación**

La compactación de material de suelo colocado por debajo de la tubería y en el espacio entre la misma y los taludes de la zanja, deberá ser ejecutada con pisones manuales ligeros, cuidando de no golpear la tubería.

A partir de los 0.30 m del nivel sobre la clave de la tubería, la compactación se efectuará utilizando compactadoras mecánicas mediante apisonadoras neumáticas para zanjas.

La compactación se efectuará en capas con espesores que garanticen el efecto de la compactación requerida. El espesor máximo de cada capa será de 0.30 m.

Las capas lisas serán escarificadas para obtener ligazón antes de colocar cada capa sucesiva.

El Contratista estará obligado a demostrar ante el Supervisor de Obra la densidad de compactación mediante AASHTO T-180 y deberá tener a disposición en obra los equipos de ensayo correspondientes.

El Supervisor de Obra realizará en cualquier momento y en cualquier nivel de relleno, la verificación de los resultados de compactación que presente el Contratista.

Las pruebas de compactación serán llevadas a cabo en un laboratorio que hubiese designado el Supervisor de Obra. El número de pruebas y su ubicación serán determinadas por el Supervisor de Obra, quedando a cargo del Contratista el costo de las mismas. En caso de no haber llegado al porcentaje requerido de compactación, el Contratista está obligado a retirar el material mal compactado y proceder a recompactar hasta alcanzar el grado de compactación especificado.

### **Relleno antes y después de las pruebas en las tuberías**

Con el objeto de realizar las pruebas de los tramos parciales de acuerdo a su tipo, se dejarán visibles y sin cubierta de tierra, todas las juntas de la tubería. Después de la aprobación de la prueba, se rellenarán los espacios libres en la zanja.

## **2.7 RETIRO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN SOBRANTE**

### **2.7.1 Definición**

Comprende todos los trabajos necesarios para la recolección, carguío, transporte y depósito de los escombros y materiales sobrantes del movimiento de tierras.

**2.7.2 Mano de obra, herramientas y equipos**

Todas las herramientas mano de obra y equipos adecuados en la ejecución de este ítem serán proporcionadas por el Contratista.

**2.7.3 Ejecución**

La tierra, escombros y demás materiales provenientes de la excavación, demolición y en general del proceso de construcción, sobrantes después de realizado el relleno de las excavaciones para estructuras, zanjas o fosas, deben ser removidos de lugares donde interrumpen la libre circulación y tránsito de vehículos, peatones y la circulación del agua, debiendo ser trasladados a lugares que serán señalados y autorizados por el Supervisor de Obra.

### 3 HORMIGONES

#### 3.1 DEFINICIÓN

Se refiere a todas las construcciones de hormigón simple y armado, hormigón ciclópeo, etc., que están comprendidas en el contrato.

Los trabajos abarcan el suministro y la puesta a disposición de todos los materiales y equipos requeridos. La mano de obra necesaria, la preparación del hormigón, el transporte y su colocación, así como los trabajos preparatorios.

Están incluidos en esta presentación los ensayos de calidad, el curado del hormigón, la construcción de las juntas de trabajo y de dilatación, los trabajos de encofrados, el doblado y la colocación de la armadura, así como también el empotrado de los anclajes y piezas de acero de toda clase según los planos o las instrucciones del Supervisor de Obra.

El Contratista percibirá una remuneración acordada con el Supervisor de Obra por la provisión, el transporte, doblado y la colocación de la armadura.

#### 3.2 REQUISITOS DEL HORMIGÓN

El hormigón se preparará de acuerdo a las normas del Código Boliviano del Hormigón para hormigón armado y cemento Portland, empleando agregados graduados en tres grupos granulométricos y agua, en el caso de que se juzgue conveniente. También podrán añadirse aditivos previa solicitud y aprobación del Supervisor de Obra.

La composición de la mezcla de hormigón será de manera que:

- a) Demuestre una buena consistencia plástica, de acuerdo a las exigencias del Código Boliviano del Hormigón Armado CBH-87.
- b) Después del fraguado y endurecimiento, cumpla las exigencias de resistencia, durabilidad e impermeabilidad en las construcciones de hormigón.
- c) El contenido de agua de la mezcla de hormigón se determinará antes del inicio de los trabajos. A este efecto, el Contratista presentará al Supervisor de Obra para su aprobación y en cada caso individual la proporción de mezcla correspondiente.

La calidad del hormigón exigida para cada una de las estructuras, estará indicada en las planillas de volúmenes y costos y en los planos y se atenderán a las Normas Bolivianas CBH-87. El hormigón será aprobado por el Supervisor de Obra, previo a su colocación.

Para cada caso, el Contratista presentará para aprobación del Supervisor de Obra la dosificación del hormigón correspondiente, de acuerdo a las mezclas ensayadas previamente siendo siempre responsabilidad del Contratista la obtención de las resistencias y otras características requeridas.

Se deberán ensayar **antes del vaciado**, las muestras necesarias para obtener la proporción adecuada de la mezcla que cumpla con los requisitos de resistencia a los 7, 14 y 28 días.

### 3.3 MATERIALES PARA LA PREPARACIÓN DEL HORMIGÓN

#### 3.3.1 Cemento

Siempre y cuando no se indique lo contrario, se empleará cemento Portland disponible en el país o (Clase I - ASTM).

El Contratista deberá presentar un certificado de calidad del cemento a ser empleado en las obras, emitido por el fabricante o un laboratorio especializado de reputación conocida, el mismo que deberá ser aprobado por el Supervisor de Obra.

Las muestras de hormigón preparadas con este cemento, serán convenientemente especificadas, fraguadas y almacenadas para su posterior ensayo. Con el objeto de conseguir información con antelación de la resistencia, se aceptarán ensayos de resistencia que serán realizadas por el Contratista bajo vigilancia del Supervisor de Obra, de acuerdo a la norma u otra equivalente.

Los trabajos de hormigonado podrán comenzar después de que los ensayos hayan dado resultados satisfactorios y previa autorización del Supervisor de Obra.

#### Transporte y almacenamiento del cemento

El cemento se transportará al lugar de las obras en seco y protegido contra la humedad, ya sea en sacos o en camiones tipo silo. En caso de transporte del cemento en bolsas, éstas tendrán que estar perfectamente cerradas.

Se rechazará el cemento que llegue en bolsas rotas, que contenga grumos o esté parcialmente fraguado.

En el lugar de las obras, el cemento se depositará inmediatamente después de su llegada en sitios o almacenes secos, bien ventilados y protegidos contra la intemperie y humedad.

Los recintos y las superficies de almacenamiento deberán ofrecer un fácil acceso con el objeto de poder controlar en todo momento las existencias almacenadas.

El cemento deberá emplearse, dentro de lo posible, en los 60 días siguientes a su llegada. Si el almacenaje se extendiera por un período superior a cuatro meses, el cemento deberá someterse a las pruebas requeridas que confirmen la aptitud para su empleo.

#### 3.3.2 Aditivos

Aditivos, sea cual fuere su clase, sólo podrán emplearse siempre y cuando sean de calidad técnicamente reconocida y siempre que se haya acreditado su uso en proyectos similares.

Su empleo requiere, además, la aprobación previa del Supervisor de Obra.

Todos los productos previstos para su utilización como aditivos, serán previamente dados a conocer al Supervisor de Obra indicándose también la marca y la dosificación, así como la estructura en que se utilizará.

### 3.3.3 Agregados

#### Requisitos para los materiales

Los agregados necesarios para la elaboración de hormigón (arena y grava), deberán cumplir los requisitos de las normas Bolivianas CBH-87.

El Supervisor de Obra rechazará todo material que no reúna estas condiciones.

#### Arena

La arena será limpia, de buena calidad y sin materiales extraños como pizarras, arcilla, barro, hojas, yesos u otras materias deletéreas.

La arena deberá cumplir con el siguiente cuadro de granulometría:

Tamiz Nº	% que pasa	
	Mínimo	Máximo
100	2	10
50	10	30
16	45	80
4	95	100

Cualquier arena que no se encuentre enmarcada dentro del cuadro anterior será rechazada por el Supervisor de Obra. Se exigirá al Contratista análisis granulométrico, periódicamente.

#### Grava

La grava será muy limpia. No se permitirá el uso de grava con una película de limo recubriendo su superficie y/o que contenga material pétreo descompuesto. Las partículas individuales de grava serán sólidas y resistentes de un peso específico igual o mayor a 2.600 Kg/m<sup>3</sup>, evitando el uso de formas laminares.

La granulometría de la grava deberá ser bien graduada desde el tamaño máximo especificado, hasta el tamiz Nº 4 donde deberá quedar retenido el 100 %.

El Supervisor de Obra rechazará cualquier material que no se ajuste a las presentes especificaciones y se exigirá periódicamente al Contratista, un análisis granulométrico.

Los límites aceptables de sustancias perjudiciales en los agregados gruesos, serán (en peso):

- terrones de arcilla 0.25 %
- partículas blandas 5.00 %
- finos que pasen el tamiz Nº 200 5.00 %
- sales solubles, partículas cubiertas por partículas superficiales 5.00 %

El material no deberá contener sustancias que puedan actuar desfavorablemente con los álcalis del cemento en presencia del agua.

## **Piedra**

### **Piedra para Hormigón Ciclópeo**

La piedra a utilizarse debe reunir las siguientes características:

- Debe ser de buena calidad y estructura homogénea.
- Debe ser libre de defectos que afecten sus propiedades mecánicas, sin grietas ni planos de fractura.
- Libre de arcillas, aceites y sustancias adheridas o incrustadas.
- No debe tener compuestos orgánicos.
- En la Mampostería Tipo B, las dimensiones mínimas de la unidad pétreo deben ser 0.30
- En la Mampostería Tipo A, las dimensiones mínimas de la unidad pétreo serán 0.20 x 0.20 x 0.25.
- Las piedras para la mampostería tipo A, además de cumplir con las características anteriores, deben ser cortadas y presentar por lo menos 4 caras planas.

### **Piedra bruta**

La piedra a utilizarse deberá reunir las siguientes características:

- Debe ser de buena calidad y estructura homogénea.
- Debe ser libre de defectos que afecten sus propiedades mecánicas, sin grietas ni planos de fractura.
- Libre de arcillas, aceites y sustancia adheridas o incrustadas.
- No debe tener compuestos orgánicos.
- La dimensión mínima de la unidad pétreo será de 20 cm.

### **Piedra Seleccionada**

La piedra a utilizarse deberá reunir las siguientes características:

- Debe ser de buena calidad, estructura homogénea,
- Debe ser libre de defectos que afecten sus propiedades mecánicas, sin grietas ni planos de fractura.
- Libre de arcillas, aceites y sustancias adheridas o incrustadas.
- No debe tener compuestos orgánicos.
- La dimensión mínima de la unidad pétreo será de 30 cm.

### **3.3.4 Agua**

El agua de amasado y curado del hormigón, deberá estar libre de elementos perjudiciales y de materias extrañas, toda agua de calidad dudosa, deberá ser sometida a análisis previos en un laboratorio legalmente autorizado.

El Contratista podrá utilizar el agua del sistema de agua potable local. Sin embargo, la toma de ésta, estará restringida a volúmenes que no obstaculicen el normal abastecimiento de la población, por lo que el Contratista deberá tomar en cuenta esta circunstancia al preparar su propuesta.

### **3.4 PREPARACIÓN DEL HORMIGÓN**

#### **3.4.1 Composición de la mezcla**

La mezcla del hormigón deberá tener la necesaria consistencia para que pueda ser convenientemente vaciada, según la forma de colocación y el objeto de su empleo en la estructura. Tanto la relación agua-cemento como el asentamiento de la mezcla, deberán estar de acuerdo a la norma CBH-87.

Los agregados y el contenido de cemento habrán de combinarse en forma que se garantice la calidad del hormigón exigida y los demás requisitos.

Las pruebas serán realizadas con personal especializado y de acuerdo a las prescripciones de la Norma Boliviana del Hormigón CBH-87; así mismo, el Contratista cuidará de que se observen, en el lugar de la obra, las proporciones de la mezcla obtenidas de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados según lo indicado en el Art. 5.5 y aprobados por el Supervisor de Obra. El costo de los ensayos correrá por cuenta del Contratista.

#### **3.4.2 Proceso de mezclado**

##### **Mezcladora y dispositivos de pesado**

El proceso de mezclado de los componentes del hormigón, se hará en forma mecánica y por peso. Si se emplea el cemento en bolsas, el volumen de la mezcla se calculará en forma tal que en ella se empleen contenidos completos de bolsas.

El método de agregar el agua deberá garantizar una dosificación perfecta, incluso en caso de necesitarse volúmenes pequeños de agua.

Por lo general y salvo otras instrucciones del Supervisor de Obra, la dosificación del cemento, agua y agregados no deberá exceder la tolerancia de tres por ciento (3 %) para cada uno de los mencionados elementos con referencia a la masa total del hormigón, para tal efecto el Contratista deberá presentar al Supervisor de Obra el diseño de mezcla respectivo.

Para verificar la calidad de la mezcla en cualquier momento, el Supervisor de Obra estará facultado para extraer de la mezcladora muestras representativas.

##### **Tiempos de mezclado**

La mezcladora estará equipada con un dispositivo para registrar el número de revoluciones ejecutadas, con un mando para interrumpir el proceso de mezclado una vez transcurrido el tiempo fijado.

El período de mezclado comienza después de haber introducido en la mezcladora todos los componentes sólidos y se empieza a añadir el agua. El tiempo de mezclado no debe ser inferior a 2 minutos para volúmenes de tolva de hasta 0.5m<sup>3</sup> de capacidad y 3 minutos para volúmenes de hasta 1.0m<sup>3</sup> de capacidad.

El Supervisor de Obra estará facultado para prohibir el empleo de aquellas mezcladoras defectuosas o que no garanticen un buen mezclado.

### **Consistencia del Hormigón**

La consistencia del hormigón será de tal manera que permita un conveniente manejo de la mezcla durante el tiempo que dure el colocado de la misma, de acuerdo a los ensayos de consistencia que efectuará el Contratista, según lo indicado en el CBH-87.

## **3.5 ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES**

### **3.5.1 Generalidades**

Con el objeto de verificar la calidad de los materiales a ser empleados en las obras y de constatar el cumplimiento de las Especificaciones Técnicas, las Normas y los Reglamentos, el Supervisor de Obra exigirá la realización de ensayos de compresión, agua de amasado, durabilidad, desgaste y contenido de material orgánico.

Estos ensayos podrán ser realizados en un laboratorio particular legalmente autorizado o en un laboratorio del Estado. Los costos de los ensayos en laboratorios corren por cuenta exclusiva del Contratista.

En este caso el Contratista denominará los laboratorios elegidos por él, para que éstos sean aprobados por el Supervisor de Obra.

El Supervisor de Obra está autorizado a supervisar todos los ensayos. En caso de duda, los ensayos respectivos serán repetidos en el mismo laboratorio o en otro.

El Contratista dejará constancia de los resultados de todos los ensayos en formularios, los cuales serán firmados por el Jefe de Laboratorio y el Supervisor de Obra.

### **3.5.2 Agregados**

Antes de iniciar la preparación de probetas de prueba de hormigón y cada vez que se cambie el material o lugares de préstamo, el Contratista efectuará los ensayos de agregados gruesos (grava, cascajo, piedra chancada) y finos (arena) rigiéndose por lo dispuesto en la norma CBH-87.

Por cada 50 m<sup>3</sup> de hormigón preparado, el Contratista deberá, además, constatar que los agregados del hormigón están dentro de los límites aceptables mediante la determinación de curvas de granulometría respectivas.

### **3.5.3 Agua**

El Contratista deberá realizar o encargar ensayos de calidad del agua que empleará en la preparación del hormigón de acuerdo a las normas CBH-87. Estos ensayos deberán repetirse por lo menos cada tres meses durante el tiempo que duren los trabajos en hormigón.



### 3.5.4 Hormigón

#### Probetas de ensayo

Con el objeto de conseguir la dosificación más apropiada para las diferentes clases de hormigón requeridas en las obras, el Contratista deberá preparar probetas de ensayo con dosificaciones alternativas para las diferentes canteras de áridos.

Las probetas de ensayo se realizarán para los hormigones especificados en los diseños, cuyas resistencias están indicadas en las normas CBH-87.

También deberán realizarse probetas de ensayo cuando se cambien los materiales componentes del hormigón (cemento, agregados, agua y aditivos).

Para cada dosificación ensayada y para cada clase de hormigón, deberán ensayarse por lo menos tres probetas.

Las probetas ensayadas a los 28 días deberán tener la resistencia especificada por la Norma Boliviana del Hormigón CBH-87.

Una vez constatada por el Supervisor de Obra, la calidad de los materiales y la resistencia especificada, se autorizará el empleo de la dosificación seleccionada para el trabajo de hormigonado.

#### Control de la calidad del hormigón durante el hormigonado

Los ensayos de calidad del hormigón, serán efectuados durante todo el tiempo que duren los trabajos de hormigonado de las obras. Esos ensayos serán realizados por el Contratista sin costo adicional alguno.

##### a. Contenido de cemento

El contenido de kilos de cemento por metro cúbico de hormigón, será controlado por lo menos cada 10 m<sup>3</sup> de hormigón producido.

##### b. Consistencia

La consistencia del hormigón fresco será medida al inicio de los trabajos de hormigonado y cada vez que el Supervisor de Obra lo solicite.

Los valores de consistencia aceptadas serán obtenidas de los resultados de los ensayos de probetas de hormigón (Art. 5.5.4.1).

##### c. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del hormigón, será determinada mediante ensayos de rotura de por lo menos 3 probetas de cada uno de los tipos de hormigones.

La toma de muestras y los ensayos respectivos, serán efectuados por lo menos para cada 20 m<sup>3</sup> de hormigón colocado o cuando lo solicite el Supervisor de Obra.

Las probetas serán cilíndricas de 152mm de diámetro y 304mm de alto.

Con el objeto de adelantar información sobre las probetas, las roturas deberán efectuarse a los 7 días de la toma de muestra y podrá estimarse la resistencia a los 28 días mediante las fórmulas indicadas en la Norma Boliviana del Hormigón Armado CBH-87.

#### **d. Impermeabilidad**

La impermeabilidad del hormigón de las cámaras rompe presión o de rejillas y de carga, desarenadores, sedimentador, etc., será verificada durante la ejecución de obra mediante el ensayo de probetas cúbicas de hormigón sometidas a pruebas de impermeabilidad señaladas en las normas ASTM y realizadas en un laboratorio aceptado por el Supervisor de Obra.

### **Control de la calidad del hormigón antes del hormigonado**

Con la finalidad de asegurar la calidad exigida del hormigón y obtener la posibilidad de adaptar la mezcla y sus componentes a los requisitos de las Especificaciones Técnicas, el Contratista estará obligado a llevar a cabo ensayos de calidad.

Dichos ensayos serán realizados bajo el control del Supervisor de Obra con anticipación a la fecha prevista para el comienzo de los trabajos de hormigonado.

El alcance de los ensayos está definido por lo indicado en los incisos a, b y c del artículo anterior, considerando las exigencias para la calidad de los materiales para la mezcla.

## **3.6 TRANSPORTE DEL HORMIGÓN**

El hormigón deberá transportarse directamente y lo antes posible de la mezcladora al lugar de su colocación, poniéndose especial cuidado de que no se produzca segregación alguna ni pérdida de materiales.

Al vaciar, la caída libre del hormigón no deberá exceder 1.50 m., salvo el caso de que se emplee un método especial aprobado por el Supervisor de Obra, que evite la segregación de los agregados, mediante mangas o toboganes.

Estará autorizado el uso de hormigón de camiones hormigoneros, siempre y cuando el hormigón de éstos cumpla los requisitos de calidad y el fabricante se someta a las condiciones y los controles de calidad efectuados por el Supervisor de Obra.

El transporte de hormigón por medio de cintas transportadoras, canaletas inclinadas, bombas o equipos similares, deberán ser aprobados por el Supervisor de Obra.

## **3.7 COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN**

### **3.7.1 Condiciones especiales**

#### **Condiciones previas y aprobación**

Antes de comenzar los trabajos, deberán cumplirse todos los requisitos que, a juicio del Supervisor de Obra, sean necesarios para garantizar una colocación perfecta del hormigón y una ejecución adecuada de los trabajos.

El vaciado del hormigón no comenzará antes de que el Supervisor de Obra haya dado en forma escrita, la autorización respectiva, debiendo estar presentes en el proceso del vaciado por el tiempo requerido, el Superintendente y el Supervisor de Obra.

### **Colocación del hormigón**

La colocación deberá efectuarse en forma tal, que se eviten cavidades, debiendo quedar debidamente llenados todos los rincones y las esquinas de los encofrados, así como también embeber perfectamente las armaduras y piezas empotradas. El incremento de agua en la mezcla en el momento de su colocación queda prohibido, igualmente se evitarán los vaciados mientras llueva. Para este efecto deberán usarse vibradores.

### **3.7.2 Colocación del hormigón en las zonas de cimentación**

#### **Limpieza, humedecimiento y recubrimiento de las cimentaciones**

El hormigón sólo deberá vaciarse en excavaciones de CIMENTACION humedecidas y limpias de escombros y material suelto, debiendo eliminarse toda agua estancada.

Antes de la colocación del hormigón, todas las superficies de las cimentaciones se protegerán con una capa de hormigón pobre o mortero 1.2.6 de cemento con altura mínima de 7 cm, tal como se indican en los planos o especificadas en las planillas de los volúmenes y costos.

#### **Protección de piezas empotradas**

El Contratista debe asegurar las tuberías, los tubos de drenaje y las demás instalaciones que sirvan para mantener las cimentaciones libres de aguas detenidas o corrientes, de forma tal que al colocar el hormigón no se suelten ni se desplacen.

### **3.7.3 Prescripciones para el hormigonado**

#### **Fraguado del hormigón**

La colocación y la compactación del hormigón en capas sucesivas, se realizará por etapas. Una capa de hormigón deberá quedar terminada antes de que fragüe el hormigón, con el objeto de obtener una unión perfecta entre las capas de hormigón.

También las capas superpuestas que no hayan fraguado, serán vibradas en igual forma, para evitar juntas visibles de construcción.

#### **Interrupción del hormigonado**

En caso de que el proceso de hormigonado tuviera que ser interrumpido temporalmente y en consecuencia, el hormigón colocado hubiera endurecido, la superficie de la capa deberá escarificarse y limpiarse de toda partícula suelta o materias extrañas, antes de comenzar el próximo vaciado.

#### **Límites permisibles de la altura**

Los límites permisibles de la parte de construcción ejecutada en una fase de

hormigonado, no deberán sobrepasar los valores que se detallan en el cuadro que sigue, salvo en el caso de que existan otras instrucciones del Supervisor de Obra o que la construcción de la parte de las obras exigiera tomar medidas extraordinarias. Igualmente habrán de conservarse los tiempos intermedios para la ejecución de las diversas fases del hormigonado.

Elementos	Altura máxima de la parte de construcción ejecutada en una fase de hormigonado	Intervalos mínimos en la ejecución de las diversas fases de hormigonado
Muros de contención en general	3.00 m	72 horas
Columnas, pilares y paredes antes de hormigonar los techos y vigas superpuestas	Según instrucciones del Supervisor de Obra	2 horas
Todas las demás partes de estructuras	Según instrucciones del Supervisor de Obra	Según instrucciones del Supervisor de Obra

La construcción de una obra adyacente a otra ya realizada que deba unirse por juntas de construcción, se ejecutará con un intervalo de tiempo de 72 horas como mínimo.

### 3.7.4 Hormigonado de construcciones cerradas

#### Secuencia de hormigonado de los elementos de construcción

En general, se procederá en primer lugar a la terminación del piso, es decir, el hormigón del piso deberá haber fraguado antes de que se comience el hormigonado de las paredes. Sin embargo, según las necesidades del momento, el proceso de trabajo podrá ser modificado con autorización del Supervisor de Obra.

#### Unión de los elementos de construcción

El Contratista pondrá especial cuidado en que se lleve a cabo una unión perfecta entre las superficies de los elementos constructivos a unir. La superficie de contacto deberá escarificarse y limpiarse debidamente con el objeto de evitar aguas de infiltración a través de las juntas de construcción.

### 3.7.5 Empotrado de las armaduras con hormigón

#### Situación de las piezas empotradas antes del hormigonado

Antes de proceder a recubrir de hormigón, la armadura y las piezas a empotrar se asegurarán para que no se desplacen. También se comprobará que estén completamente limpias y libres de aceite, suciedad o cualquier otro componente suelto.

#### Recubrimiento mínimo de la armadura

La armadura deberá guardar las distancias mínimas de las caras interiores del encofrado exigidas en los planos o especificaciones. En el caso de que no existan otras disposiciones, todos los elementos de la armadura deberán ser recubiertos por una capa de hormigón de por lo menos 2.00 cm, para estructuras que no estén en contacto permanente con agua y 2.50 cm para aquellas en contacto permanente con

agua (p.e. tanques y cámaras de agua).

Las distancias requeridas se fijarán mediante dados de mortero de una superficie de 4 x 4 cm y un espesor igual al recubrimiento especificado. El mortero tendrá que tener las mismas proporciones de cemento y arena que la mezcla de hormigón.

### **3.7.6 Hormigonado a bajas temperaturas**

En temperaturas del medio ambiente entre 5° C y -3° C, la temperatura del hormigón no deberá ser inferior a 5° C.

Por regla general, estará prohibido llevar a cabo la preparación del hormigón, si las temperaturas del aire son inferiores a tres grados centígrados bajo cero.

En caso de períodos de heladas continuas, el Contratista tomará las medidas más apropiadas para proteger el hormigón contra el efecto de las mismas.

### **3.7.7 Hormigonado bajo agua**

El Contratista tendrá la obligación de tomar medidas oportunas para que el agua no corra sobre el lugar de la obra durante el hormigonado y antes del endurecimiento suficiente del hormigón, mediante un procedimiento de drenaje o bombeo a costa del Contratista.

### **3.7.8 Compactación del hormigón**

#### **Vibradoras**

El hormigón se compactará durante el hormigonado en forma mecánica, mediante aparatos vibratorios de aplicación interior, cuyas frecuencias y tipos de tamaño, deberán ser aprobadas por el Supervisor de Obra.

El Contratista estará obligado a tener a disposición del trabajo, un número suficiente de vibradoras para poder compactar inmediatamente y en grado suficiente, cada vaciado de hormigón.

Durante el hormigonado deberá haber en sitio, por lo menos dos vibradoras de reserva.

#### **Aplicación de las vibradoras**

Las vibradoras se introducirán y se sacarán lentamente del hormigón. Su efecto dentro del hormigón se extenderá por un tiempo suficiente, no debiendo dar lugar a la segregación o exceso de compactación.

Las vibradoras se introducirán en el hormigón a distancias regulares que no deberán ser mayores a dos veces el radio del efecto de vibración visible en el hormigón.

#### **Compactación en zonas críticas**

Se dedicará especial atención a la compactación en las zonas alrededor de las armaduras y de piezas empotradas, así como en los rincones y esquinas del encofrado. Asimismo se pondrá sumo cuidado en que las piezas empotradas y localizadas dentro del hormigón ya fraguado, no sufran golpes o desplazamientos a

causa de las vibraciones.

### **Compactación de lugares aislados**

El empleo de otro tipo de compactación (por ejemplo: vibradoras aplicables en las caras exteriores del encofrado), sólo será permitido en las proximidades inmediatas del encofrado y en los rincones y esquinas que no puedan ser alcanzados con los aparatos de vibración de aplicación en el interior.

### **Traslado de hormigón mediante aparatos vibratorios**

En ningún caso el efecto de vibración deberá ser aprovechado para trasladar el hormigón fresco a lo largo del encofrado, por el peligro de ocasionar una segregación del agregado.

### **3.7.9 Plan de Hormigonado - Juntas de trabajo**

Para todas las estructuras mayores, el Contratista habrá de someter a la aprobación del Supervisor de Obra su plan respecto a las fases de hormigonado indicando la duración de éste. El plan deberá ser entregado al Supervisor de Obra seis (6) días antes del comienzo del hormigonado, para su aprobación escrita.

En caso de una interrupción imprevista de los trabajos de hormigonado, serán determinantes las instrucciones del Supervisor de Obra. Si fuera preciso, se procederá a colocar armaduras adicionales y cintas de impermeabilización.

El suministro y colocación de estos materiales adicionales, correrá a cargo del Contratista.

No se aceptarán juntas de trabajo no indicados en los planos salvo autorización escrita del Supervisor de Obra.

## **3.8 ENCOFRADO Y CIMBRAS**

### **3.8.1 Requisitos generales**

Los encofrados se emplearán en todos los lugares donde las estructuras de hormigón los requieran. El material que se usará en los encofrados podrá ser de metal, madera o ambos. Los materiales tendrán que ser lo suficientemente resistentes para soportar las presiones y los empujes del hormigón durante el hormigonado y la compactación, sin cambiar su forma o alineación en forma alguna.

Además, deberán ser contruidos de manera tal que las juntas entre los elementos del encofrado no permitan la salida del hormigón o la lechada de cemento.

El Contratista podrá elegir, con la aprobación del Supervisor de Obra, el tipo de encofrado de metal o de madera. Es determinante el acabado que se exige para las superficies de hormigón en las estructuras terminadas.

Encofrados con sectores no accesibles después de la colocación de la armadura deberán ser provistos de ventanillas para limpieza.

Las esquinas sobresalientes de las estructuras de hormigón se achaflanarán, por lo

general, en un ancho de 2 a 3 cm, exceptuando aquellos elementos de construcción para los cuales ya existen especificaciones especiales en los planos y los pliegos.

### **3.8.2 Planos de encofrado**

Los planos de encofrado serán entregados al Supervisor de Obra por el Contratista para su aprobación.

### **3.8.3 Tratamiento de los elementos de encofrado**

#### **Limpieza**

Las tablas y tableros de los encofrados, se limpiarán con el debido esmero y se acoplarán de manera que no se produzcan pérdidas de mortero ni de agua.

En caso de que se vuelvan a emplear los mismos tableros y tablas, se procederá a una limpieza detenida de los mismos y al reacondicionamiento respectivo.

#### **Humedecimiento y limpieza del encofrado de madera**

Los tableros de madera se humedecerán lo suficiente en ambas caras, poco antes de proceder al vaciado del hormigón.

Se librarán de toda partícula suelta, así como también de charcos de agua.

#### **Emulsiones de lubricación**

La utilización de emulsiones lubricantes para encofrados, deberá ser autorizada por el Supervisor de Obra, por escrito, previo conocimiento del producto a emplearse.

#### **Desencofrado y reparación de fallas**

Los tiempos mínimos del desencofrado dependen del elemento constructivo, de las cargas existentes, de los soportes provisionales y de la calidad del hormigón, según lo estipulado en la norma, sin embargo, no deberán ser inferiores a tres días calendario. El desencofrado de las estructuras de hormigón sólo podrá tener lugar con la autorización del Supervisor de Obra.

El relleno de fosas con estructuras de hormigón no se hará antes de los 21 días calendario de haberse vaciado el hormigón.

#### **Daños en la superficie del hormigonado**

El Contratista deberá ejecutar los trabajos de desencofrado de tal manera que el hormigón no sufra deterioros. En el caso de que no puedan evitarse deterioros, el Contratista corregirá por cuenta propia y a plena satisfacción del Supervisor de Obra todas las imperfecciones producidas en la superficie del hormigón debidas al mal vaciado y/o desencofrado. El Contratista procederá de igual manera con cualquier otro daño que no provenga de los trabajos de desencofrado.

Los amarres, zunchos y anclajes que unen entre sí los tableros del encofrado, habrán de tener la propiedad de dejar en las superficies de hormigón, agujeros lo más pequeños posible. Las caras visibles de las estructuras se reparan o se someterán a

un tratamiento posterior, si hubiera necesidad de ello. Los alambres de amarre se cortarán a 2.5 cm de profundidad de la superficie.

### **3.9 ARMADURA PARA EL HORMIGÓN**

#### **3.9.1 Planos de armadura**

Los planos y planillas de armadura según los cuales el Contratista podrá doblar y colocar la armadura, sea de barras de acero o de mallas de acero, serán incluidos en los planos de diseño que forman parte de los documentos de licitación.

#### **3.9.2 Suministro de la armadura para el hormigón**

El Contratista proveerá el acero de la armadura en el almacén del proyecto, por consiguiente el Contratista percibirá una remuneración por la provisión, el transporte, doblado y colocación de la armadura.

#### **3.9.3 Calidad de acero**

Para la armadura del hormigón, se utilizarán barras y mallas de acero conforme a la norma CBH-87. En las estructuras se utilizará acero corrugado de alta resistencia clase AH 400 N o su equivalente.

La resistencia del acero deberá ser certificada por el Contratista, mediante ensayos en un laboratorio específico.

#### **3.9.4 Almacenaje de la armadura**

El Contratista queda obligado a hacer un almacenaje clasificado y separado según la calidad, longitud, forma y espesor de las armaduras y se comprometerá a marcar debidamente dichos grupos de barras, con el objeto de evitar equivocaciones.

El Contratista será responsable de todos los errores incurridos, corriendo por su cuenta y riesgo la reparación de daños y/o pérdidas producidas durante el transporte o almacenaje.

#### **3.9.5 Condiciones de la armadura antes de su colocación**

Antes de ser colocadas las barras, sus superficies serán limpiadas de óxido, grasas y otras partículas que pudieran dar lugar a una unión imperfecta con el hormigón. En caso de observarse exceso de óxido, el Supervisor de Obra podrá exigir la limpieza de las barras a chorro de arena o mediante escobilla de acero.

#### **3.9.6 Doblado y colocación de la armadura**

Las barras de acero se cortarán y doblarán de acuerdo a los planos, planillas de acero de armadura y según las normas correspondientes. El doblado de las barras se hará en frío, observando los diámetros de doblado prescritos por las normas CBH-87.

La armadura deberá colocarse de manera que quede asegurada en su posición correcta, empleando distanciadores, espaciadores, soportes, caballetes metálicos o cualquier otro medio establecido, de manera que las barras no se deformen o desplacen durante el hormigonado.



La armadura colocada se mantendrá limpia hasta que se haya cubierto totalmente de hormigón.

El alambre de amarre usado para la armadura, deberá ser de acero blando de alta resistencia a la ruptura (Alambre Nº 16).

### **3.9.7 Aprobación por el Supervisor de Obra**

Una vez concluida la colocación de la armadura de una estructura, la misma deberá ser aprobada por el Supervisor de Obra antes de llevar a cabo el hormigonado.

El Contratista solicitará por escrito la revisión y recepción de la misma al Supervisor de Obra.

Cualquier modificación de la armadura en relación con las especificaciones de los planos, necesita la debida aprobación del Supervisor de Obra.

## **3.10 PIEZAS METÁLICAS PARA EMPOTRAR**

Los perfiles, planchas, angulares, pasamuros y demás elementos metálicos que serán empotrados en las estructuras de hormigón, deberán ser colocados en su lugar exacto en el encofrado y fijados mediante anclajes convenientes.

Las piezas se fijarán debidamente al encofrado y la armadura, de manera que quede asegurada su posición exacta durante el hormigonado.

## **3.11 COLOCACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE JUNTAS**

### **3.11.1 Generalidades**

Este artículo comprende las labores necesarias para construir las juntas de dilatación en los lugares en que se indican en los planos o las especificaciones.

Las juntas en estructuras de hormigón impermeable, especialmente en, tanques, cámaras, sedimentadores, canales y otros, serán ejecutadas empleando cintas de impermeabilización.

### **3.11.2 Juntas de trabajo**

Estas juntas serán ejecutadas según lo indicado en los planos de construcción considerando las instrucciones de fábrica y lo estipulado en la presente Especificación, no se aceptarán juntas de trabajo no indicadas en los planos o autorizadas expresamente por el Supervisor de Obra en forma escrita.

Las juntas de trabajo durante la ejecución del hormigonado en lugares previstos por razones constructivas, se deberá tener en cuenta lo estipulado en el presente documento y lo siguiente:

- Las juntas deberán ser rectas y limpias, sin material suelto ni extraño.
- El hormigón deberá estar bien compactado hasta el borde mismo de la junta.
- Siempre que las condiciones climáticas lo permitan y si no se presentan

situaciones extraordinarias, no se deberá interrumpir el hormigonado por más de doce horas.

- No estará permitido colocar juntas de trabajo en columnas y vigas, salvo que situaciones especiales las hicieran necesarias, previa autorización del Supervisor de Obra.

En caso de que este tipo de juntas de trabajo exigieran el empleo de cintas de impermeabilización o el Contratista estime conveniente colocarlas, él tendrá que adquirirlas por cuenta propia y sin cargo alguno al costo del proyecto.

Las juntas en estructuras de hormigón impermeable, serán ejecutadas usando imprescindiblemente cintas de impermeabilización.

Para la construcción de las juntas de trabajo y el eventual suministro de material correspondiente, no se reconocerá remuneración especial.

### **3.11.3 Juntas de dilatación**

#### **Generalidades**

Todas las juntas de dilatación a ejecutarse en las obras del presente proyecto serán construidas con cintas de impermeabilización.

Estas juntas están mencionadas en los planos de construcción y su costo estará incluido en el precio del hormigón.

#### **Especificación de las cintas de impermeabilización (water stop)**

Las cintas aptas para su empotrado en el hormigón y para formar una junta elástica e impermeable, tendrán las siguientes características principales:

- El material será de neoprene, vinil o material semejante aprobados por el Supervisor de Obra.
- El ancho de la cinta será de 150 mm y deberá tener un abultamiento central.

El material de las cintas será apto para soldadura. El Contratista deberá proponer el equipo y las herramientas para cortar las cintas y formar mediante soldaduras, uniones, bifurcaciones, etc.

#### **Ejecución**

Las juntas de dilatación serán construidas de acuerdo a lo indicado en los planos de construcción y lo especificado en los pliegos. El ítem comprenderá los trabajos necesarios para la debida configuración de la junta incluyendo la colocación perfecta de la cinta de impermeabilización.

El Contratista cuidará de que las juntas de dilatación exigidas atraviesen toda la estructura y trabajen conforme a su finalidad. Siempre y cuando no existan otras estipulaciones, las juntas de dilatación deberán ser calafateadas con material permanentemente elástico y en caso dado, para contacto con agua potable.

La colocación de las cintas de impermeabilización, deberá ser realizada de acuerdo a las instrucciones de fábrica, de tal forma que pueda garantizar la perfecta

impermeabilización de las juntas.

Antes de la colocación de las cintas en su lugar respectivo en el encofrado, las mismas y especialmente las costuras, serán sometidas a una prueba de impermeabilidad mediante aparatos de impulso eléctrico de alta tensión. La prueba será llevada a cabo en presencia del Supervisor de Obra.

El corte a medida de las cintas y las costuras de uniones, serán ejecutadas con los equipos y herramientas adecuados y puestos a disposición del proyecto por el Contratista.

Las cintas se colocarán en el encofrado concerniente a la junta a impermeabilizarse, cubriendo ésta en toda su extensión. Las cintas deberán ser fijadas adecuadamente al encofrado para que no se desplacen durante el hormigonado.

La colocación del hormigón y su compactación en los lugares de las juntas con cintas de impermeabilización, deberá ser efectuado con sumo cuidado bajo control del Supervisor de Obra u otra persona de experiencia en este tipo de trabajo.

### **3.12 CURADO Y ACABADO**

#### **3.12.1 Curado del hormigón**

Al elegir los equipos para la preparación del hormigón, el Contratista deberá tomar las medidas y disposiciones necesarias antes de empezar los trabajos de hormigonado para asegurar el proceso de endurecimiento y el correspondiente acabado del hormigón.

Luego del hormigonado, las estructuras deberán mantenerse húmedas constantemente y deberán protegerse contra la insolación y el viento durante el período de curado apropiado para cada caso (normalmente siete días consecutivos).

El Contratista tendrá la obligación de tomar todas las medidas necesarias para que el hormigón permanezca suficientemente húmedo. Se dedicará particular atención a las superficies expuestas al aire libre. Estas se cubrirán con paja, lonas o arena que mantendrán siempre en estado húmedo durante siete días como mínimo.

Las paredes exteriores y las demás superficies verticales, después de haber sido desencofradas, deberán ser cubiertas con láminas de polietileno para conservar la humedad y lograr un curado adecuado.

Los costos del curado deberán estar incluidos en el ítem hormigón.

#### **3.12.2 Tratamiento de superficies visibles**

Considerando la ubicación y el objeto de las estructuras de hormigón, el Contratista tomará las medidas convenientes para que las superficies visibles tengan el acabado correspondiente, con un encofrado adecuado no permitiéndose revoques.

Estas medidas tienen dos metas, a saber: proteger dichas superficies y darles un aspecto exterior estético.

Al efectuar el acabado también se eliminarán las irregularidades originadas por juntas de construcción, defectos de encofrados, etc.

Los costos deberán estar incluidos en el ítem de hormigón.

### **3.13 PRUEBAS DE IMPERMEABILIDAD**

Todas las obras sometidas a ciclos de agua, tendrán que pasar por pruebas de impermeabilidad durante siete días después de la saturación del hormigón con agua.

La prueba se considerará satisfactoria si el nivel del agua no baja más del 0.5% (cero punto cinco por ciento) de la altura del nivel de agua, en el lapso de 24 horas. Para estructuras a cielo abierto hay que considerar la evaporación.

Para realizar la prueba de impermeabilidad valen las siguientes prescripciones:

- Todas las aberturas (pasamuros, tubos, etc.), deberán ser cerradas de manera tal que queden impermeables por medio de bridas ciegas.
- Las paredes exteriores deberán ser visibles, es decir, la prueba deberá ser efectuada completa o parcialmente antes de rellenar el espacio entre el talud de la fosa y las paredes de la estructura.
- Los revoques y pinturas de cualquier clase serán colocadas recién después de la recepción de la prueba con excepción de los de impermeabilización.
- Si durante la prueba de impermeabilidad se constataran fugas de agua, el Contratista deberá reparar el hormigón en estos lugares, de acuerdo con procedimientos propuestos por el Contratista y aprobados por el Supervisor de Obra, la aprobación por parte del Supervisor de Obra no excluye la responsabilidad del Contratista.
- La prueba será repetida tantas veces como fuera necesario, hasta comprobar la impermeabilidad de LAS OBRAS DE HORMIGON.
- El Contratista no recibirá pago alguno por este concepto, pues se considera que la ejecución de un hormigón impermeable, forma parte de sus obligaciones.
- El Contratista llenará con agua LAS OBRAS DE HORMIGON, para la realización de estas pruebas (cuantas veces sean necesarias) sin remuneración adicional alguna, debiendo estar los costos incluidos en el precio del hormigón.

### **3.14 TOLERANCIA PARA TRABAJOS DE HORMIGÓN**

#### **3.14.1 Tolerancia de posición**

La tolerancia máxima de la posición de las superficies de las estructuras hormigonadas, con relación a los ejes de construcción y las alturas, es de más o menos 15 mm.

En caso de contradicción entre la tolerancia indicada en los planos de construcción y aquella especificada en este artículo, valdrá la tolerancia señalada en los planos de construcción.

#### **3.14.2 Tolerancias de desigualdades en las superficies**

Se diferenciarán entre:

- Desigualdades bruscas en las superficies de hormigón.
- Desigualdades progresivas en las superficies de hormigón.

Las primeras, normalmente causadas por el desplazamiento de los elementos del encofrado, se determinarán directamente basándose en la diferencia entre las superficies desplazadas. Las desigualdades progresivas se determinarán a partir de la medida exacta en un largo de 1.50 m.

Si en los planos de construcción no se indicaran otros valores, serán válidas las siguientes tolerancias:

- Desigualdades bruscas: 3.0mm (tres milímetros)
- Desigualdades continuas: 5.0mm (cinco milímetros)

### **3.14.3 Incumplimiento de las tolerancias**

En caso de que estructuras o partes de éstas sobrepasen los límites de las tolerancias indicadas en los artículos anteriores, el Contratista las demolerá y las reconstruirá por cuenta propia.

En este caso el Supervisor de Obra indicará cuales de las partes de la estructura serán demolidas y reconstruidas.

### **3.14.4 Posición de fierros de armado**

Los fierros de la armadura para las estructuras de hormigón, serán colocados exactamente según los planos considerando las prescripciones de las normas CBH-81 respectivas, especialmente en lo que se refiere a las distancias mínimas y máximas entre las barras.

## **3.15 CÁMARAS, DEPÓSITOS, IMPERMEABILIZACIÓN, SELLADO DE JUNTAS**

Comprende todos los trabajos necesarios para la protección de la estructura de hormigón armado y simple, contra las filtraciones de su contenido de agua, protección contra la humedad ascendente en sobrecimientos, protección de la losa de cubierta y sellado de juntas.

### **3.15.1 Impermeabilización interior de tanques, estanques, cámaras, etc.**

El revoque impermeable de mortero para el recubrimiento de la superficie interior de los tanques, canales, estanques, cámaras, etc. será de cemento Portland y arena en una proporción 1:3, además contendrá un aditivo hidrófugo, en la preparación recomendada por el fabricante, el hidrófugo a emplearse deberá ser aprobada por el Supervisor de Obra.

El revoque se aplicará en tres capas: lechada, primera capa y segunda capa, obteniéndose un espesor total de 1.5 cm.

Primeramente se procederá a picar ligeramente la superficie a impermeabilizar, luego se limpiará liberándola de toda materia extraña y se aplicará la lechada de cemento con aditivo impermeabilizador.

Posteriormente se realizará un revoque áspero e inmediatamente que este haya prendido, se aplicará la capa exterior que terminará con un pulido de la superficie con cemento puro.

Para establecer su condición de estanqueidad se realizarán pruebas de impermeabilidad tal como fueron descritas en capítulos anteriores, los costos de este trabajo deberán estar incluidos en el ítem Revoque Impermeabilizante.

### **3.15.2 Impermeabilización de sobrecimientos**

Encima de los sobrecimientos, se colocará una capa de cartón asfáltico en todo el ancho del muro, se fijarán con asfalto y los traslapes longitudinales serán mínimo de 0.10 m.

### **3.15.3 Sellado de Juntas**

El sellado de juntas verticales se realizará con el hidrófugo SIKA FLEX-1A o similar. Las superficies a ser impermeabilizadas, deben estar estructuralmente sanas y secas, libres de polvo, natas de cemento, grasas, etc.

Cuando las superficies sean porosas como el hormigón, se recomienda aplicar antes SIKA primer 1, para mejorar su adherencia. Una vez aplicado el producto, se dejará secar un mínimo de 8 horas antes de llenar el tanque con agua.

Las juntas horizontales se impermeabilizarán mediante dos capas de cartón asfáltico, colocándolas intercalando asfalto con un espesor de 1.5 mm.

## **4 PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS**

### **4.1 GENERALIDADES**

Comprende la provisión, el transporte interno, la instalación, prueba de las tuberías y accesorios de los siguientes materiales:

- a. Tuberías y accesorios de PVC.
- b. Tuberías y accesorios de HDPE.

### **4.2 MATERIALES, HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MANO DE OBRA**

Las tuberías, piezas especiales y accesorios serán provistas por el Contratista además de suministrar el material que complementariamente pudiera ser requerido, ajustándose a los requerimientos de calidad contenidos en las Especificaciones Técnicas Generales y Particulares del Proyecto para el suministro de materiales.

El Contratista deberá suministrar toda la mano de obra, especialmente herramientas y equipos, así como el material de lubricación para la confección de juntas, realización de las pruebas y desinfección de las instalaciones.

### **4.3 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

El Contratista es el único responsable por el transporte, manipuleo y almacenamiento de las tuberías, piezas especiales y accesorios, corriendo por su cuenta y riesgo todos los gastos emergentes de estas obligaciones. Durante las faenas de carga y descarga, condiciones de transporte y almacenamiento deberá tener el cuidado necesario para no

dañar las piezas, debiendo proveer los equipos y herramientas adecuadas para esta maniobra, observando las recomendaciones del fabricante e instrucciones del Supervisor de Obra. El almacenamiento temporal de las tuberías deberá hacerse en pilas de no más de 1,5 m de altura y en condiciones de seguridad. Las piezas de PVC o HDPE no deberán ser expuestas al sol por tiempos prolongados.

#### **4.4 INSTALACIÓN DE LOS TUBOS Y PIEZAS ESPECIALES**

Las tuberías y piezas especiales deberán ser instaladas verificándose los niveles del fondo de zanja y de las claves de las tuberías, así como de las dimensiones de las válvulas, ventosas y cámaras de protección. El Supervisor de Obra verificará los niveles antes de la posición final.

Se deberán colocar solamente las tuberías y piezas aprobadas por el Supervisor de Obra que estén en buen estado. Después de un examen cuidadoso que permita descubrir y desechar las piezas defectuosas, previamente se corregirán los defectos susceptibles de reparación, en especial de los revestimientos interiores y exteriores.

##### **4.4.1 Tuberías de HDPE**

###### **Materiales, herramientas y equipo**

Las tuberías, juntas y piezas especiales de HDPE, allá donde se indique en planos de construcción., del tipo, clase, espesor, resistencia y diámetro especificada.

Las tuberías deberán cumplir con las siguientes normas:

- Norma Boliviana: NB 213-77
- Norma ASTM: D-1785 y D-2241

Las superficies interna y externa de los tubos serán completamente lisas y estarán libres de grietas, fisuras, ondulaciones y otros defectos que alteren su calidad. El color de los tubos y piezas será uniforme.

Las tuberías y accesorios procederán de fábrica por inyección de molde, no aceptándose el uso de piezas obtenidas mediante cortes o uniones de tubos. Ningún caso las tuberías deberán ser calentadas in situ ni dobladas, debiendo para este caso solucionar las deflexiones con codos de diferentes ángulos.

La tubería deberá almacenarse sobre soportes adecuados y apilarse en alturas no mayores a 1.50 m, especialmente si la temperatura ambiente es elevada, debido a posibles deformaciones de las camadas inferiores.

###### **Instalación de la tubería**

La tubería será instalada con asiento en toda su longitud sobre el lecho.

Los tubos antes de bajarlos a la zanja y después de instalados, deberán ser limpiados, haciéndose pasar por su interior una escobilla con una cuerda. Las extremidades de los tramos parciales de la tubería, deberán cerrarse con tapones cuando no se trabaje en los mismos.

Las deflexiones de las juntas y curvado de las tuberías deberá ajustarse a las recomendaciones del proveedor. Para cambios de dirección de mayor magnitud se

usarán piezas especiales de HDPE.

## **Uniones**

### **a. Juntas soldadas**

Es una junta ensamblada mediante soldadura termo-fusión o electro-fusión aprobada por el Supervisor de Obra.

Para la confección de las uniones soldadas, se deberá limpiar los extremos de las tuberías, luego se aplica la soldadura termo fusión con el equipo adecuado y especial para este tipo de trabajo, una vez efectuada la unión, deberá aparecer el rebarbe de soldadura totalmente uniforme en toda la superficie de la tubería soldada. Toda la operación desde la aplicación de la soldadura hasta la terminación de la unión debe durar entre 5 y 10 minutos. Se deberá dejar en reposo 15 minutos antes de mover la tubería.

## **4.5 PRUEBAS HIDRÁULICAS EN LAS TUBERÍAS**

### **4.5.1 Definición**

Se refiere a las diferentes pruebas de tipo hidráulico que deben realizarse para comprobar las condiciones de los materiales y de trabajo realizado en la instalación de las tuberías.

El Contratista debe prever que se cumplan las prescripciones referentes al movimiento de tierras, instalación de tuberías y piezas especiales, así como las recomendaciones de los fabricantes para la ejecución de las pruebas hidráulicas.

Este ítem comprende la realización de pruebas de estanqueidad en todos los tramos de las tuberías de PVC, como requisito indispensable para la aceptación y cancelación del tendido de las tuberías, en presencia imprescindible del Supervisor de Obra.

Todas las tuberías destinadas a conducir desechos líquidos por gravedad deberán ser sometidas a pruebas contra filtraciones, las mismas que podrán ser de exfiltración o infiltración.

Los defectos encontrados deben ser corregidos a costa del Contratista y nuevamente probados hasta la aceptación final del proyecto.

Estas pruebas se las realizarán después de que las juntas entre tubos hayan sido colocadas y concluidas, efectuándose generalmente entre dos cámaras o pozos de visita consecutivos y hasta un diámetro máximo de 12 pulgadas.

### **4.5.2 Ejecución**

El Contratista suministrará el equipo completo para las pruebas hidráulicas, los recipientes de agua, tuberías, uniones y demás dispositivos que sean necesarios para la ejecución correcta de las pruebas, además el agua necesaria para llenar la tubería, que deberá ser limpia, libre de partículas sueltas y de sustancias orgánicas.

La tubería montada deberá ser sometida a una prueba hidráulica, por tramos recomendados no mayores a 400 m, por uno de los métodos siguientes a criterio del



Supervisor de Obra.

- Por tramos de tubería sin recubrirse: Se supone que la tubería será previamente, debidamente anclada y que la prueba será realizada con tramos definidos por el Supervisor de Obra.
- Con los tubos parcialmente cubiertos: Para la ejecución de esta prueba, deberá procederse al recubrimiento de parte de los tubos, dejando las juntas descubiertas. Deberá realizarse en tramos que satisfagan las condiciones operacionales, definidas por el Supervisor de Obra.
- Con los tubos totalmente cubiertos: La ejecución de esta prueba depende de las condiciones específicas de la obra y será aplicada a exclusivo criterio del Supervisor de Obra. Deberá realizarse de modo de satisfacer las condiciones operacionales de la línea, utilizándose válvulas, o dispositivos adecuados para el sello de los tramos.

#### **a) Pruebas de exfiltración**

Se taponarán los orificios del tramo a ensayar, teniendo cuidado de dejar tubos verticales instalados en los extremos. Estos tubos servirán para purgar el aire durante el llenado con agua y para controlar los niveles de presión requeridos.

Se empezará llenando el tramo con agua por la parte superior y dejando escapar el aire por el extremo inferior, hasta una altura no menor a 60 centímetros sobre la clave del tubo en el extremo superior del tramo. Se deberá dejar saturada la tubería por un período de cuatro (4) horas, preferentemente 24 horas.

La presión media de ensayo en el tramo (presión superior más presión inferior dividido entre dos) no deberá ser menor a 1.00 metro de columna de agua.

En gradientes con fuerte pendiente deberá tenerse cuidado de que no se exceda la capacidad de presión interna de la tubería.

A menos que se especifique lo contrario, la pérdida admisible será de tres (3) litros por minuto por un centímetro de diámetro por cada kilómetro de tubería instalada con uniones de mortero de cemento o de componentes asfálticos vaciado en caliente. Para el cálculo de las pérdidas se tomará en cuenta la pérdida debida al tramo más la pérdida debida a las conexiones domiciliarias.

#### **b) Pruebas de infiltración**

Esta prueba será realizada en todos los tramos que se encuentren bajo nivel freático. La infiltración máxima admisible será de 0.3 litros por minuto por un centímetro de diámetro por cada kilómetro de tubería instalada con uniones de mortero de cemento o de componentes asfálticos. Para tuberías unidas con anillos de goma la infiltración admisible será de un cuarto de lo especificado anteriormente.

Los resultados deberán ser registrados en el Libro de Ordenes. Todas las pruebas deberán realizarse en presencia del Supervisor de Obra, quién deberá observar si existen fugas en los tubos y juntas. En caso de presencia de las mismas, el Contratista estará obligado a subsanar estas deficiencias tantas veces como sea necesario e igualmente repetir las pruebas hasta su total conformidad.

La presencia de mancha u oxidación en el cuerpo de los tubos mientras no exista escurrimiento palpable de agua, no será motivo de rechazo de la prueba.

## **5 SUMINISTRO, INSTALACION Y PRUEBA DE ACCESORIOS DE OPERACION**

### **5.1 DEFINICIÓN**

Se refiere a la provisión e instalación de válvulas y accesorios con mecanismo en canales, tuberías y otros, de acuerdo a lo señalado en los planos de construcción y de detalle.

### **5.2 VALVULAS Y COMPUERTAS**

Esta especificación cubre el suministro de válvulas cortina, compuertas y otros.

El suministro comprende:

- Al Proyecto, diseño de fabricación de todo el equipamiento y accesorios, manual de operación y mantenimiento y listado de piezas;
- Fabricación
- Premontaje en fábrica
- Pruebas en fábrica

#### **Normas**

Todos los materiales y componentes de los equipos deberán ser fabricados de acuerdo a la norma ISO correspondiente o su equivalente para series métricas.

Todas las partes de cada equipo deberán ser cuidadosamente moldeadas y/o torneadas de modo que las piezas iguales puedan ser intercambiables.

Todas las partes torneadas y en contacto con superficies acabadas, deben ser recubiertas con un preparado de fácil remoción que prevenga la oxidación. Todas las superficies torneadas en contacto deslizante deberán untarse en aceite proporcionando una lubricación adecuada, evitando la corrosión de las piezas durante su embarque, almacenaje en el sitio de servicio, instalación y operaciones preliminares.

#### **Revestimiento interno**

Las demás superficies internas, exceptuándose las de metales no ferrosos y de aceros resistentes a la corrosión, deben ser tratadas con chorros de arena al metal blanco.

El revestimiento será constituido por tres (3) manos de primer epoxi Poliamida o similar curado en un espesor de 75 micras por mano, en película seca. La primera capa de pintura será aplicada a la superficie tratada con chorros de arena en no más de dos horas después del tratamiento.

#### **Revestimiento externo**

Todas las superficies externas de los mecanismos operadores y las superficies externas (exceptuándose las superficies de metales no ferrosos y de acero resistentes a la corrosión), deben ser pintados con 2 (dos) manos de primer epoxi Poliamida curado o similar, en un espesor de 75 micras por mano, en la película seca.

### **Revestimiento de acabado**

El revestimiento del acabado será constituido por dos (2) manos de esmalte epoxi Poliamida curado o similar, y un espesor de 50 micras por mano, en la película seca.

El color del esmalte de acabado deberá ser MUNSELL 2,5 G  $\frac{3}{4}$  o similar.

### **Herramientas y accesorios**

Los equipamientos deberán ser suministrados con todas las herramientas especiales y accesorios necesarios para el desarmado, armado y el mantenimiento y ajustes apropiados.

## **5.3 INSPECCIÓN Y PRUEBAS**

El Supervisor de Obra podrá verificar el cumplimiento de normas en los accesorios y demás materiales.

Antes que el equipamiento sea embarcado, el fabricante deberá ejecutar en la fábrica, las pruebas de funcionamiento y de aceptación, con elaboración de los informes correspondientes, los cuales deberán ser sometidos a la aprobación del Supervisor de Obra.

Principales ítems de inspección:

- Verificación de los certificados de calidad de los materiales.
- Verificación de funcionamiento
- Inspección de la terminación de la superficie y pintura, compuesto de:
  - Constatación de la limpieza de la superficie,
  - Constatación de la preparación de la superficie por chorro de arena,
  - Medición de los espesores de las capas de revestimiento con elco-meter,
  - Verificación de las condiciones de aplicación.

### **5.3.1 Pruebas de materiales**

El Contratista presentará informes certificados del fabricante de los ensayos físicos y químicos de todo el material a ser utilizado en la fabricación de los equipamientos que suministrará.

El proveedor entregará un certificado suministrado por el fabricante, que garantice la calidad de los materiales suministrados.

El fabricante deberá establecer medios, para que haya correspondencia biunívoca entre materiales ensayados y los certificados de ensayos.

Los costos de todas las pruebas correrán por cuenta del fabricante.

El Comprador tiene el derecho de seleccionar, probar y analizar a su cargo, otras muestras adicionales, o todo el material a ser usado.

### **5.3.2 Pruebas hidrostática y de funcionamiento**

Las válvulas y piezas especiales con mecanismos, serán sometidas a pruebas hidrostáticas, de pérdida y de operación en las presiones correspondientes conforme a la norma ISO-2431, ejecutados por el fabricante en presencia del Supervisor de Obra o

de sus representantes, si así se lo considera necesario.

La realización de las pruebas deberá ser llevada a efecto antes de proceder con la pintura de los equipamientos.

Sólo después de aprobados los certificados de las pruebas, es que los equipos podrán ser pintados y expedidos.

#### **5.4 INSTALACIÓN DE PIEZAS ESPECIALES**

Se refiere al transporte externo e interno, la instalación y prueba de las piezas especiales.

El Contratista deberá suministrar toda la mano de obra, especialmente herramientas y equipos, así como el material de lubricación para la confección de juntas y realización de las pruebas de las instalaciones.

##### **Transporte y almacenamiento**

El Contratista es el único responsable por el transporte, manipuleo y almacenamiento de las piezas especiales y accesorios, corriendo por su cuenta y riesgo todos los gastos emergentes de estas obligaciones. Durante las faenas de carga y descarga, condiciones de transporte y almacenamiento deberá tener el cuidado necesario para no dañar las piezas, debiendo proveer los equipos y herramientas adecuadas para esta maniobra, observando las recomendaciones del fabricante e instrucciones del Supervisor de Obra. El almacenamiento temporal de las tuberías deberá hacerse en pilas de no más de 1,5 m de altura y en condiciones de seguridad.

##### **Instalación de piezas especiales**

Las piezas especiales deberán ser instaladas verificándose los niveles del fondo de zanja y de las claves de las tuberías, así como de las dimensiones de las válvulas, etc. El Supervisor de Obra verificará los niveles antes de la posición final.

Se deberán colocar solamente las tuberías y piezas aprobadas por el Supervisor de Obra que estén en buen estado. Después de un examen cuidadoso que permita descubrir y desechar las piezas defectuosas, previamente se corregirán los defectos susceptibles de reparación, en especial de los revestimientos interiores y exteriores.

### **6 CONSTRUCCION DE DIQUES DE LAGUNAS DE ALMACENAMIENTO**

#### **6.1 DEFINICION**

Este ítem comprende la construcción de los diques de las lagunas de almacenamiento: excavaciones, rellenos y conformaciones de terraplén, de acuerdo a los planos de construcción, formulario de presentación de propuestas y/o instrucciones del Supervisor de Obra.

#### **6.2 MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO**

Esta actividad se refiere a la construcción de las vías de circulación vehicular, en el interior del área residencial.

El contratista deberá planificar la construcción siguiendo los lineamientos establecidos en

el presente documento, considerando el uso de equipos, herramientas, personal adecuados. Los costos fijos y adicionales deberán ser previstos en la etapa de preparación del presupuesto.

Los materiales a utilizar en los rellenos y conformación de diques y terraplenes serán: material de la propia excavación previamente seleccionado o material de préstamo. Todos los materiales deberán estar limpios de vegetales, aceites o cualquier sustancia putrescible.

### **6.3 PROCEDIMIENTO Y EJECUCION**

#### **6.3.1 Limpieza del terreno**

Antes de iniciar la excavación o el relleno, toda el área de trabajo deberá estar limpia, removiendo totalmente la vegetación, incluidas las raíces, detritos y el suelo orgánico hasta que aparezca por completo el nivel del material de fundación indicado en planos o establecido en sondeos geotécnicos aprobados por la Supervisión.

El terreno de fundación deberá prepararse para el drenaje de aguas pluviales durante la construcción. En caso de existir cuerpos de agua, debe efectuarse su drenaje o su desviación mediante un sistema aprobado por el Supervisor de Obras

#### **6.3.2 Excavación**

Durante la excavación debe utilizarse equipo adecuado al tipo de obra, a la naturaleza del terreno y a la velocidad de construcción planificada.

El material excavado deberá seleccionarse para su uso en el relleno compactado de acuerdo a las características geotécnicas propias del suelo, los taludes necesarios y el diseño estructural de las lagunas, lo cual debe ser confirmado por el contratista antes de iniciar la obra. El material sobrante deberá desecharse y llevarse a botaderos autorizados.

Debe facilitarse siempre el drenaje del área donde se efectúan los cortes y conducirlo de modo que se evite el deslizamiento de volúmenes que afecten al equilibrio de los taludes y su adecuación al diseño.

El contratista está en la obligación de confirmar el diseño de los taludes propuestos (1:1.6) o establecer una pendiente nueva de talud, en función a las características de los materiales propuestos. En caso de verificarse la inestabilidad de los taludes por variaciones de humedad y textura y cohesión, de acuerdo con lo previsto en el diseño, debe proponerse al Supervisor de Obra para su revisión las nuevas pendientes de los taludes para evitar los deslizamientos y fallas estructurales.

Debe verificarse constantemente el grado de humedad del suelo excavado, con la finalidad de adecuar su uso al relleno compactado.

Debe protegerse el área de préstamo del suelo para los rellenos, de las aguas pluviales, con el fin de evitar el acarreo de detritos y suelos vegetales inservibles.

#### **6.3.3 Rellenos y conformación de diques**

Toda la construcción de rellenos, ya sea de lechos (bases) o diques, deberá regirse por las normas de mecánica de suelos y las determinaciones de proyecto y Supervisor de Obra.

Antes del inicio de la construcción del relleno compactado, debe inspeccionarse con cuidado el lecho preparado, con el fin de eliminar todo el material no deseable que aún no ha sido afectado después de la limpieza del terreno, para evitar el fenómeno del pipping sobre el relleno, fuga de materiales arcillosos saturados, etc.

La superficie de fundación de la base (fondo) o diques deberá estar preparada para recibir el equipo de acarreo, lanzamiento, esparcimiento, regadío y compactación del suelo, en toda su extensión, sin la formación de bolsones más espesos y blandos.

El lanzamiento de las primeras capas deberá realizarse para rellenar las depresiones existentes, ya reguladas de acuerdo con lo mencionado anteriormente, a fin de alcanzar, después de compactadas las superficies, lo más extensas posibles en un solo plano.

Los trechos realmente imposibles de alcanzar con el equipo usual de compactación, deberán recibir compactación manual, con el fin de obtener la densidad y la permeabilidad previstas en el diseño.

El equipo de compactación deberá preverse en función a la naturaleza del suelo, como los rodillos pata de cabra para suelos arcillosos, y el rodillo simple vibratorio para los suelos granulares.

El suelo de relleno deberá esparcirse por capas hasta alcanzar el espesor total final indicado en el diseño del proyecto o de acuerdo con la determinación de la Supervisión, adoptándose capas de compactación con espesores máximos de 25 cm para construcciones en suelos finos compactados con rodillo pata de cabra.

El Supervisor de Obra deberá manifestarse antes y después de la compactación de cada capa asentada, con el fin de controlar los parámetros fijados para el mejor resultado de la compactación, es decir: humedad, espesor de cada capa y grado de compactación obtenido. En caso de que las pruebas demuestren necesidades de corrección de humedad, debe exponerse la capa a la irrigación o al secado hasta alcanzar los niveles requeridos.

La capa escarificada deberá escarificarse después de aceptada, antes del lanzamiento de la siguiente.

Si la superficie compactada debe exponerse al sol durante largo tiempo, deberá protegerse contra la formación de grietas de desecamiento.

Las capas deberán lanzarse en fajas longitudinales en el sentido contrario de las líneas de flujo del agua infiltrada durante las obras, y paralelamente a las curvas de nivel.

Los caminos y accesos para el movimiento de equipo deberán orientarse en sentido longitudinal y desplazarse sistemáticamente, con el fin de evitar la laminación por supercompactación. La superficie compactada deberá tener inclinación máxima de 8% para facilitar su drenaje, manteniéndola en el rango de 2 a 5%.

Antes de cualquier paralización o debido a las lluvias, la superficie deberá compactarse y alisarse con rodillo.

La planificación de la compactación deberá garantizar un macizo compacto, cohesionado, continuo, estrictamente uniforme e isotrópico, libre de defectos e

impurezas que lleven a la formación del fenómeno del pipping, a infiltraciones peligrosas, drenajes, grietas y laminaciones.

Si es necesario, se construirá el macizo por partes. La superficie de unión de una parte deberá planearse para dificultar filtraciones, aumentado su trayectoria para dar mayor resistencia al macizo y facilitar su construcción; también debe prepararse la superficie soportante, escarificándola e irrigándola, para garantizar el perfecto ligamiento de las partes.

Los parámetros de la compactación deberán estar de acuerdo con el proyecto y las instrucciones del Supervisor de Obra. Para suelos comúnmente empleados, la humedad deberá estar 1% por debajo de la humedad óptima, con un rango de tolerancia de 2% por debajo y 1% por encima de la constante. El grado de compactación debe tener un promedio superior al 95% de la prueba Proctor T-180 y un desvío estándar inferior al 3%, tendiéndose siempre el cuidado de evitar siempre la laminación por cantidad excesiva de pasadas del rodillo.

Durante la recolección de muestras del macizo compactado para eventuales ensayos de resistencia y permeabilidad en laboratorio, deben observarse las normas fijadas por la ASTM, así como reparar cuidadosamente la parte del macizo damnificado durante el corte.

En caso de macizos compactados no homogéneos, o cuando están previstos filtros y cortinas, debe impedirse cualquier posibilidad de invasión de otros materiales que puedan dificultar posteriormente el funcionamiento de estas partes esenciales.

Los puntos de contacto entre el macizo compactado y las superficies de construcción, como albañilería, concreto, tuberías, deberán tomarse en cuenta con especial atención, para evitar posibles deslizamientos localizados, así como la posibilidad de que ocurra el pipping.

La inclinación de los taludes internos de las lagunas de estabilización deberán estar comprendidas entre 1:1 a 1:2 o lo que indique los planos de diseño o lo autorizado por el Supervisor de Obra.

La inclinación máxima del talud externo para las lagunas, si es en relleno, debe ser de 1:2, para garantizar su estabilidad.

Para proceder a la construcción de obras especiales sobre los diques o en sus taludes, debe inspeccionarse la superficie de contacto del macizo compactado, eliminando todo material indeseable.

## **7 SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOMEMBRANAS DE POLIETILENO**

### **7.1 DEFINICIÓN**

Se aceptará geomembranas que estén manufacturadas para ser utilizadas principalmente como lámina impermeabilizante con un coeficiente de permeabilidad del orden de los 10-12 cm/seg., especial para las operaciones de retención de fluidos.

Estas láminas de polietileno podrán encontrarse bajo un régimen de mayor o menor

rigidez o flexibilidad, dado lo cual, se aceptaran solamente membranas de polietileno de alta densidad, HDPE, así como las que pueden ser expuestas a la intemperie con radiaciones promedio de 180Kly (12.55 W/cm<sup>2</sup>) manteniendo su resistencia tensil por largo tiempo, teniendo en cuenta los parámetros de durabilidad, flexibilidad, dureza, y rigidez.

Se entenderá como fabricante de geomembrana la persona jurídica responsable de la fabricación del material y sus complementos, pudiendo ser éste nacional o internacional. Se entenderá como instalador de geomembrana al proveedor del material incluyendo el servicio de instalación y pruebas. Este podrá ser el mismo contratista del proyecto o un agente externo a él, siendo nacional o internacional, así como puede ser parte del equipo del fabricante o algún agente autorizado por él.

Las presentes especificaciones guardan relación con el estándar de instalación de este tipo de producto a nivel internacional, en casos especiales y a juicio del Supervisor y recomendación de los proveedores o instaladores, las presentes podrán ser modificadas si se demuestra que el cambio es igualo mejor que el propuesto en el presente documento.

### **Normas y Estándares aplicables**

Geosynthetic Research Institute (GRI):

- GRI GM13

American Society for Testing and Materials (ASTM) Publications:

- D 638-97 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics
- D 792-98 Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement
- D 1004-94a Standard Test Method for Initial Tear Resistance of Plastic Film and Sheeting
- D 1238-98 Standard Test Method for Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer
- D 1505-98 Standard Test Method for Density of Plastics by the Density-Gradient Technique
- D 1603-94 Standard Test Method for Carbon Black in Olefin Plastics
- D 3895 Test Method for Oxidative Induction Time of Polyolefins by Thermal Analysis
- D 4218 Test Method for Determination of Carbon Black Content in Polyethylene Compounds by the Muffle-Furnace Technique
- D 4833-96e1 Standard Test Method for Index Puncture Resistance of Geotextiles, Geomembranes, and Related Products
- D 5199-98 Standard Test Method for Measuring Nominal Thickness of Geotextiles and Geomembranes
- D 5323 Practice for Determination of 2% Secant Modulus for Polyethylene Geomembranes
- D 5397 Procedure to Perform a Single Point Notched Constant Tensile Load – (SP-NCTL) Test: Appendix
- D 5596 Test Method for Microscopic Evaluation of the Dispersion of Carbon Black in Polyolefin Geosynthetics
- D 5721 Practice for Air-Oven Aging of Polyolefin Geomembranes
- D 5885 Test method for Oxidative Induction Time of Polyolefin Geosynthetics by High Pressure Differential Scanning Calorimetry



- D 5994-98 Standard Test Method for Measuring Core Thickness of Textured Geomembranes

### **Criterios Generales de Conformidad**

Los parámetros específicos que se toman para aceptar el producto son los referidos a las especificaciones de ensayo de la Norma ASTM D 638 (Tensiles), ASTM D 1004-94<sup>a</sup> (Resistencia al Rasgado), ASTM D 4833 -00 (Resistencia al Punzonado) y las mediciones dimensionales correspondientes, aparte de la textura de la lámina.

Para la aprobación del material, el Contratista deberá someter la siguiente información al Supervisor para su aprobación, dentro de un límite de tiempo razonable, con el propósito de poder preparar, enviar el embarque y la posterior instalación de la geomembrana:

1. Documentación que debe presentar el proponente para la calificación del fabricante y del material, de conformidad con lo que indica en la presente especificación:
  - a. Certificado de calidad ISO 9001, ISO 1401, OHSAS 1801, GAI-LAP, INFORME DE ENSAYO (CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD DE LA GEOMEMBRANA POR ROLLO) emitido por el fabricante,
  - b. Una hoja descriptiva de las propiedades del material, incluyendo como mínimo las propiedades especificadas, incluyendo métodos de ensayo, ESPECIFICACIONES GM13.
  - c. Muestra física del material.
  - d. Garantía del material ofertado por un tiempo de 5 años contra defectos de fabricación emitida por el fabricante.
  - e. Carta de autorización de comercialización de Geomembrana en Bolivia emitida por el fabricante en favor de su representado dirigida a ENDE ANDINA SAM

### **Entrega, Almacenamiento y Manejo**

Cada rollo de geomembrana entregado a la obra será rotulado claramente el nombre del fabricante, identificación de producto, espesor del material, número de rollo, dimensiones del rollo y peso del rollo.

La geomembrana será protegida de la tierra, barro, suciedad, polvo, ruptura, cortes, o cualquier otra condición que la dañe o deteriore.

En almacenes de obra no se apilará a más de 3 rollos de altura.

### **Condiciones del Proyecto**

No se instalará geomembrana en presencia de agua estancada, mientras llueva, durante vientos excesivos, o cuando la temperatura de los materiales esté fuera de los límites permitidos.

### **Control de calidad del fabricante**

1. Los métodos de prueba y frecuencia utilizada por el fabricante para el control de calidad y garantía de calidad de la geomembrana previo a su entrega, serán de acuerdo con GRI GM13, o modificaciones de acuerdo a requerimientos específicos del proyecto.

2. Las certificaciones de control de calidad del fabricante, incluyendo los resultados de pruebas de control de calidad de los productos, tal como se especifican en el presente documento, deben ser suministradas al Supervisor para verificar que los materiales suministrados con este proyecto cumplen con las especificaciones del producto o proyecto de esta sección. La certificación debe llevar la firma por un representante responsable por parte del fabricante. Las Certificaciones deben incluir el número de lote y número de rollo, así como la información relativa al embarque.
3. El fabricante proveerá Certificación que la geomembrana y varilla de soldar suministrados al proyecto, tienen la misma base de resina y las mismas propiedades físicas.

## 7.2 ESPECIFICACIONES DE LA GEOMEMBRANA

1. La geomembrana consistirá de materiales nuevos de primera calidad, diseñados y manufacturados específicamente para el propósito de este trabajo, lo cual habrá sido previamente demostrado de manera satisfactoria, por medio de ensayos previos, de ser de calidad durable y adecuada para este propósito.
2. Los rollos de geomembrana no tendrán costuras, y serán de Polietileno de Alta Densidad (HDPE – densidad > a 0.94 g/cm), que no contenga plastificantes, llenadores o extendedores, y estará libre de agujeros, ampollas o contaminantes, y 100% libre de fugas, comprobado por medio de ensayos lineales de chispas o equivalente.
3. La geomembrana será suministrada como un lienzo continuo, sin uniones de fábrica en rollos de 7 mts de ancho por 200 mts de largo haciendo un total de 1400 m<sup>2</sup> por rollo. La geomembrana conformará los requerimientos de calidad mostrados en la Tabla 1(b) (GRI GM13)
4. Se harán ensayos de cumplimiento de calidad por el representante del Propietario, si esto fuera necesario, de acuerdo a las Especificaciones del proyecto.
5. Cada rollo deberá tener una etiqueta donde se identifique al fabricante, el número de rollo, el lote, el nombre del importador que deberá ser el mismo que realice la instalación
6. Las costuras de la geomembrana se harán de conformidad con los requerimientos mostrados en la siguiente, o de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

**PROPIEDADES MINIMAS PROMEDIO DE  
SOLDADURAS PARA  
GEOMEMBRANA LISA Y TEXTURIZADA HDPE**

Propiedad	Metodo de Prueba	0.75 mm	1.00 mm	1.25 mm	1.50 mm	2.00 mm	2.50 mm	3.00 mm
Resistencia a Peladura (Fusion y Extrusion) lb/pulg <sup>2</sup>	ASTM 4437	6.8	9.3	11.1	13.6	18.0	22.9	27.3
Resistencia al Corte (Fusion y Extrusion) lb/pulg <sup>2</sup>	ASTM 4437	10.5	14.3	17.1	20.9	27.6	35.1	41.8

## 7.3 PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE

El área a ser impermeabilizada, será inspeccionada antes de la colocación de la geomembrana y deberá presentar una superficie plana, libre de piedras, ramas y palos u otro material sobresaliente que pueda producir roturas o desgarros en la geomembrana.

## SI (METRIC) UNITS

Table 1(b) – High Density Polyethylene (HPDE) Geomembrane - Smooth

Properties	Test Method	Test Value							Testing Frequency (minimum)
		0.75 mm	1.00 mm	1.25 mm	1.50 mm	2.00 mm	2.50 mm	3.00 mm	
Thickness - mils (min. ave.) • lowest individual of 10 values	D5199	nom. (mil) -10%	nom. (mil) -10%	nom. (mil) -10%	nom. (mil) -10%	nom. (mil) -10%	nom. (mil) -10%	nom. (mil) -10%	per roll
Density (min.)	D 1505/D 792	0.940 g/cc	0.940 g/cc	0.940 g/cc	0.940 g/cc	0.940 g/cc	0.940 g/cc	0.940 g/cc	90,000 kg
Tensile Properties (1) (min. ave.) • yield strength • break strength • yield elongation • break elongation	D 6693 Type IV	11 kN/m 20 kN/m 12% 700%	15 kN/m 27 kN/m 12% 700%	18 kN/m 33 kN/m 12% 700%	22 kN/m 40 kN/m 12% 700%	29 kN/m 53 kN/m 12% 700%	37 kN/m 67 kN/m 12% 700%	44 kN/m 80 kN/m 12% 700%	9,000 kg
Tear Resistance (min. ave.)	D 1004	93 N	125 N	156 N	187 N	249 N	311 N	374 N	20,000 kg
Puncture Resistance (min. ave.)	D 4833	240 N	320 N	400 N	480 N	640 N	800 N	960 N	20,000 kg
Stress Crack Resistance (2)	D 5397 (App.)	300 hr.	300 hr.	300 hr.	300 hr.	300 hr.	300 hr.	300 hr.	per GRI GM-10
Carbon Black Content - %	D 4218 (3)	2.0-3.0%	2.0-3.0%	2.0-3.0%	2.0-3.0%	2.0-3.0%	2.0-3.0%	2.0-3.0%	9,000 kg
Carbon Black Dispersion	D 5596	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	note (4)	20,000 kg
Oxidative Induction Time (OIT) (min. ave.) (5)									90,000 kg
(a) Standard OIT — or —	D 3895	100 min.	100 min.	100 min.	100 min.	100 min.	100 min.	100 min.	
(b) High Pressure OIT	D 5885	400 min.	400 min.	400 min.	400 min.	400 min.	400 min.	400 min.	
Oven Aging at 85°C (5), (6)	D 5721								
(a) Standard OIT (min. ave.) - % retained after 90 days — or —	D 3895	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	per each formulation
(b) High Pressure OIT (min. ave.) - % retained after 90 days	D 5885	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	
UV Resistance (7)									
(a) Standard OIT (min. ave.) — or —	D 3895	N. R. (8)	N.R. (8)	N.R. (8)	N.R. (8)	N.R. (8)	N.R. (8)	N.R. (8)	per each formulation
(b) High Pressure OIT (min. ave.) - % retained after 1600 hrs (9)	D 5885	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	

(1) Machine direction (MD) and cross machine direction (XMD) average values should be on the basis of 5 test specimens each direction

Yield elongation is calculated using a gage length of 33 mm

Break elongation is calculated using a gage length of 50 mm

(2) The yield stress used to calculate the applied load for the SP-NCTL test should be the manufacturer's mean value via MQC testing.

(3) Other methods such as D 1603 (tube furnace) or D 6370 (TGA) are acceptable if an appropriate correlation to D 4218 (muffle furnace) can be established.

(4) Carbon black dispersion (only near spherical agglomerates) for 10 different views:

9 in Categories 1 or 2 and 1 in Category 3

(5) The manufacturer has the option to select either one of the OIT methods listed to evaluate the antioxidant content in the geomembrane.

(6) It is also recommended to evaluate samples at 30 and 60 days to compare with the 90 day response.

(7) The condition of the test should be 20 hr. UV cycle at 75°C followed by 4 hr. condensation at 60°C.

(8) Not recommended since the high temperature of the Std-OIT test produces an unrealistic result for some of the antioxidants in the UV exposed samples.

(9) UV resistance is based on percent retained value regardless of the original HP-OIT value.

## 7.4 INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA

1. Ninguna geomembrana será desplegada hasta que los certificados aplicables de control de calidad, hayan sido entregados a y aprobados por el representante del Propietario. En caso que se despliegue geomembrana previo a la aprobación del representante del Propietario, ésta será por único riesgo del Instalador de geomembrana y/o el Contratista. Si el material no cumple con las especificaciones del proyecto, será removido del área del trabajo, sin costo para el Propietario.
2. La geomembrana será instalada dentro de los límites mostrados en los planos de construcción, y esencialmente tal y como se muestra en el plano de despliegue de paños o paneles.
3. No se desenrollará ni desplegará ningún material de geomembrana, si las temperaturas del ambiente son menores de 0 grados C (32 grados F), a menos que esto haya sido aprobado por el representante de Propietario. La temperatura mínima especificada para el despliegue del material puede ser ajustada por el representante del Propietario basado en recomendaciones del fabricante. Los límites de temperatura serán definidos durante la reunión pre construcción. Únicamente la cantidad que pueda ser anclada y unida en un día, debería ser desplegada.
4. No se permitirá tráfico vehicular sobre la geomembrana.
5. Bolsas de lastrado con arena o materiales similares, serán utilizadas conforme se requiera, para lastrar temporalmente la geomembrana en el sitio, en previsión de condiciones de viento razonablemente previsibles. Las bolsas de lastrado serán de tejido suficientemente fino para NO permitir que los finos contenidos se salgan de las mismas y queden vertidos sobre la geomembrana.
6. No se instalará geomembrana si la humedad evita la preparación adecuada del subsuelo, despliegue de paños o soldadura de los mismos. Los límites de humedad serán definidos durante la reunión pre-construcción.
7. Paños dañados o porciones de paños dañados que han sido rechazados, deben ser marcados y removidos del área de trabajo.
8. La geomembrana no debe "puentear" vacíos o áreas bajas en el subsuelo. En estas áreas, la geomembrana debe descansar en contacto íntimo con la subrasante.
9. Arrugas causadas por el despliegue de los paños o por expansión térmica deben ser las mínimas permisibles, según la norma del fabricante.
10. Consideraciones sobre la geometría del sitio: En general, las uniones deben orientarse en forma paralela a la línea del talud máximo. En las esquinas, y en aquellas partes de forma irregular, el largo total de las uniones debe ser minimizado. No se harán uniones en puntos bajos en la subrasante a menos que la geometría lo exija, y siempre que lo apruebe el representante del Propietario.
11. Traslapes: Los paños deben traslaparse previo a soldarlos, de la forma que sea necesaria para asegurar un buen trabajo de soldadura y permitir pruebas adecuadas. En ningún caso deberá este traslape ser menos a 120 mm (4,8").

## 7.5 PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

1. Las instalaciones en climas fríos, deben efectuarse de acuerdo con los lineamientos indicados en GRI GM9.
2. No se deberán efectuar soldaduras de geomembrana cuando la temperatura sea menor de 0 grados C (32 grados F), a menos que se cumplan las siguientes condiciones:
  - a. Soldadura de geomembrana a temperatura inferior a 0 grados C (32 grados F), se permite si el Instalador de Geomembrana puede demostrarle al representante

- del Propietario, utilizando soldaduras de prueba preestablecidas, que las condiciones de soldaduras de campo conforman con la especificaciones del proyecto, la seguridad de las cuadrillas está garantizada, y el material de la geomembrana puede ser fabricado (por ejemplo, botas, penetraciones, reparaciones, etc) en temperaturas bajo cero.
- b. El Instalador de Geomembrana someterá al representante del Propietario, procedimientos detallados para soldar a bajas temperaturas, posiblemente incluyendo los siguiente:
    - i. Precalentamiento de la geomembrana
    - ii. Provisionamiento de una tienda de campaña u otro dispositivo para prevenir la pérdida de calor durante la operación de soldadura y pérdidas rápidas de calor inmediatamente después de soldar.
    - iii. Número de ensayos de soldadura para determinar parámetros adecuados de soldadura.
  3. Ningún material de geomembrana debe ser soldado cuando la temperatura del paño será mayor de 75 grados C (170 grados F), medido con un termómetro infrarrojo o termocopla de superficie, a menos que sea previamente aprobado por el representante del Propietario. Esta aprobación se basará en recomendaciones del fabricante, y en demostración en el campo por el Instalador de Geomembrana usando soldaduras de prueba para comprobar que las uniones cumplan con la especificación.
  4. La soldadura se efectuará principalmente utilizando equipo automático y técnicas de soldadura a fusión. La soldadura con extrusión se utilizará únicamente cuando la soldadura por fusión no es posible, tal como en penetraciones de tubería, parches, reparaciones y soldaduras cortas (menores al ancho del rollo).
  5. Bocas de pescado y arrugas excesivas en las uniones de soldaduras, serán minimizadas, y cuando sea necesario, serán cortadas en la cresta de las arrugas de regreso al paño, a manera de lograr un traslape plano. El corte se terminará con un "keyhole" (nominal 10 mm (1/2")), para minimizar la propagación de la rotura o grieta). El traslape debe ser posteriormente soldado. El corte tipo "keyhole" será posteriormente parchado con un parche redondo u ovalado del mismo material de geomembrana, extendiéndose un mínimo de 150 mm (6") más allá del corte, en todas direcciones.

## 7.6 SISTEMAS PARA SELLADO POR PENETRACIÓN DE TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS

Proveer un método para sellar penetraciones, de conformidad con los planos constructivos.

Las Penetraciones se fabricarán con el material de la geomembrana de base, material plano, botas prefabricadas y accesorios tal y como se muestran en los Planos Constructivos del Proyecto. Los ensambles prefabricados o fabricados en el campo, serán soldados a la geomembrana en el campo, tal y como se muestra en los planos de obra, para prevenir filtraciones. Este ensamble debe ser probado tal como se indica en la sección 9.9 de la presente especificación.

## 7.7 CONTROL DE CALIDAD EN EL CAMPO

El representante del Propietario será notificado previo a todo trabajo de prueba o precalificación de soldadura, o de acuerdo con lo acordado durante la reunión pre-constructiva.

### **Soldaduras de prueba para precalificación**

1. Las soldaduras de prueba serán preparadas y probadas por el instalador de geomembrana para verificar que los parámetros de soldadura (velocidad, temperatura y presión del equipo de soldadura) son adecuados.
2. Soldaduras de prueba serán efectuadas por cada técnico en soldadura, y probadas de conformidad con ASTM D4437 al inicio de cada período de sellado. Las soldaduras de prueba se efectuarán bajo las mismas condiciones y con el mismo equipo y operador.
3. Como mínimo, se harán soldaduras de prueba por cada técnico, una vez al día para garantizar la calibración del equipo; en caso de requerirse ensayos adicionales pueden requerirse si hay cambios significativos en las condiciones ambientales.
4. Dos especímenes de 25 mm (1") serán cortados con cortadora de cupones por el Instalador de geomembrana, de cada punta de la soldadura de prueba. Estos especímenes serán probados por el instalador de geomembrana usando un Tensiómetro de campo, probando ambos rieles para prueba de pelado (peel) y tensión (shear). Cada espécimen fallará en el material mismo y no en la soldadura. "Film Tear Bond" (falla F.T.D).
5. Una separación de soldadura igual o mayor del 10% del ancho de riel, será considerada una soldadura fallada.
6. Los valores mínimos de resistencia aceptable para soldaduras obtenidas para todos los especímenes probados, se listan en la sub-sección 3.05.C.4 de esta sección. Los cuatro especímenes deben pasar para que la soldadura de prueba pase la prueba.
7. Si una soldadura de prueba falla, una soldadura adicional será probada inmediatamente. Si la prueba adicional también falla, el aparato de prueba será rechazado y no utilizado durante pruebas de producción, hasta que las deficiencias hayan sido corregidas, y se haya efectuada una soldadura de prueba exitosa.
8. Una muestra de cada soldadura de prueba será marcada. La marca indicará la fecha, temperatura de la geomembrana, número de soldadora, técnico que efectuó el ensayo y descripción de que paso o fallo.

### **Ensayo No-Destructivo para Soldadura de campo**

1. Todas las soldaduras de campo serán ensayadas de forma no-destructiva por el Instalador de Geomembrana sobre el largo completo de la soldadura antes que las soldaduras sean cubiertas. Cada soldadura será numerada o de alguna manera señalizada. La localización, fecha, unidad de prueba y el nombre del técnico que ejecuta las pruebas y los resultados de todas las pruebas no destructivas deben ser grabadas, y entregadas al representante del propietario.
2. Los ensayos deben efectuarse durante el desarrollo de los trabajos de soldadura de campo, y no al finalizar los trabajos, a menos que esta sea acordado previamente con el representante del Propietario. Todos los defectos encontrados durante los ensayos serán marcados y numerados inmediatamente. Todos los defectos encontrados deben ser reparados, re-ensayados y remarcados para indicar que el defecto ha sido reparado adecuadamente.
3. Ensayos no-destructivos se harán utilizando cámara de vacío, equipo de presión de aire.
4. Ensayos no destructivos se realizarán por un técnico experimentado que conoce el uso del equipo mencionado. El instalador de geomembrana debe demostrarle al representante del propietario todos los métodos de ensayo para verificar que los procedimientos de ensayo sean válidos.

5. La soldadura de extrusión será probada por el instalador de geomembrana utilizando la cámara de vacío de conformidad con ASTM D 4437 y ASTM D 5641 con el siguiente equipo y procedimientos:
  - a. El equipo para los ensayos de soldadura de extrusión incluirá pero no se limitará a: una unidad de cámara de vacío consistente en una caja rígida, una ventana visora transparente, un empaque suave de hule adherida a la base, un puerto de salida o una unidad de válvula y un manómetro de vacío; una unidad de bomba de vacío equipada con un regulador de presión y conexiones de tubería, una manguera de hule de presión/vacío con sus fittings y conexiones; un recipiente de plástico, una brocha ancha de pintura, y una solución con jabón líquido.
  - b. La bomba de vacío estará cargada y el tanque de presión será ajustado a aproximadamente 35 kPa (5 psig).
  - c. El instalador de geomembrana debe crear un sello libre de fugas entre el empaque y la superficie de la geomembrana, humedeciendo una tira de geomembrana de aproximadamente 0.3 m (12") por 1.2 m (48") (largo y ancho de la caja) con una solución jabonosa, colocando la caja sobre la superficie humedecida, y luego presionando la caja contra la membrana. El Instalador de Geomembrana entonces cerrará la válvula de sangrado, abrirá la válvula de vacío, y mantendrá la presión inicial de aproximadamente 35 kPa (5 psig) por aproximadamente 5 segundos. La geomembrana debe ser observada continuamente a través de la ventana visora, para detectar la presencia de burbujas de jabón, lo cual indica una fuga. Si no se ven burbujas después de 5 segundos, el área se considerará libre de fugas. La caja se despresurizará y se le moverá al siguiente área adyacente, con un traslape apropiado, y se repetirá el proceso.
  - d. Todas las áreas donde aparezcan burbujas de jabón, serán marcadas, reparadas y luego vueltas a probar.
  - e. En aquellas ubicaciones donde no se puedan efectuar pruebas destructivas, como en penetraciones de tubería, se sustituirán ensayos no destructivos alternos de chispa (tal como se detalla en la sección 9.8 o equivalente), si es necesario esta prueba deberá cotizar el instalador de manera independiente y adicional.
  - f. Todas las soldaduras que son probadas con cámara de vacío, serán marcadas con la fecha de prueba, nombre del técnico que efectuó la prueba, y los resultados de la misma.
6. Las soldaduras de doble fusión con un canal incluido, serán probadas por el instalador de geomembrana, por medio de presión de aire, de acuerdo con ASTM D 5820 y ASTM D4437, así como el siguiente equipo y procedimientos:
  - a. El equipo para pruebas de soldadura de doble fusión, consistirá de, pero no se limitará a: una bomba de aire equipada con manómetro de presión, capaz de generar y sostener una presión de 210 kPa (30 PSI), un manómetro equipado con una aguja hueca y filuda, u otro dispositivo para alimentar presión.
  - b. Las actividades de Pruebas, se efectuarán por el Instalador de Geomembranas. Ambos extremos de la soldadura a ser probada, serán sellados, y una aguja u otro dispositivo aprobado, será insertada en el túnel creado por la soldadura de doble fusión. La bomba de aire se ajustará a una presión de 210 kPa (30 PSI), y la válvula cerrada. Se dejarán dos minutos para que el aire inyectado se equilibre dentro del túnel, y se mantendrá la presión durante 5 minutos. Si la pérdida de presión no excede 28 kPa (4 PSI) después de este período de 5 minutos, se considerará que la soldadura está libre de fugas. Relajar presión del extremo opuesto, verificando la pérdida de presión en la aguja, para asegurar haber probado la soldadura completa. La aguja u otro dispositivo aprobado para alimentar presión, serán removidos y el agujero de alimentación será sellado.



- c. Si la pérdida de presión excede 28 kPa (4 PSI) durante el período de prueba, o no se estabiliza la presión, el área defectiva será ubicado, reparado y vuelto a probar por el instalador de geomembrana.
- d. Los resultados de las pruebas de presión, se anotarán sobre la membrana en el punto de prueba así como en un récord de pruebas de presión.

### **Pruebas destructivas de campo**

1. Una muestra para prueba destructiva por 150 mts lineales (500 pies lineales) de largo de soldadura, u otro largo de predeterminado de acuerdo con GRI GM 14, será tomada por el Instalador de Geomembrana de la ubicación determinada por el representante del Propietario. El Instalador de geomembrana será notificado por adelantado, sobre la ubicación de la muestra.
2. Con el propósito de obtener resultados de pruebas, previo a completar la instalación de la geomembrana, se tomarán muestras por el instalador de geomembranas conforme avanzan los trabajos de soldadura, y de conformidad con instrucciones emitidas por el representante del propietario.
3. Todas las muestras de campo serán marcadas con su número de muestra y número de soldadura. Se registrará el número de muestra, fecha, hora, ubicación y número de soldadura. El instalador de geomembrana reparará todos aquellos agujeros en la geomembrana, que resulten de obtener muestras de soldadura.
4. Todos los parches serán probados con cámara de vacío. Si un parche no pudiera ser instalado en forma permanente sobre un agujero de prueba durante el mismo día en que se efectuó la prueba, se instalará un parche por medio de soldadura puntual o soldadura con aire caliente sobre el agujero, hasta que se pueda instalar un parche permanente.
5. La muestra destructiva tendrá 300 mm (12") de ancho por 1.00 metro (36") de largo, con la soldadura centrada longitudinalmente, en caso de requerirse esta prueba el material deberá ser pagado y contabilizado en la instalación por el contratante.
6. La muestra será cortada en tres secciones iguales y distribuida como sigue: Una sección se entregará al representante del propietario como muestra de archivo: Una sección al representante del propietario para muestreo de laboratorio de conformidad con lo especificado en el párrafo 5 que sigue abajo; una sección será retenida por el instalador de geomembrana para ensayos de campo.
7. Para pruebas de campo, el instalador de geomembranas cortará 10 especímenes idénticos de 25 mm (1") de su muestra. El instalador de geomembranas probará cinco especímenes para hacer pruebas de resistencia a tensión de soldadura y cinco especímenes para pruebas de resistencia a pelado de soldadura.
8. Las pruebas de pelado se efectuarán tanto en la porción interior como la porción exterior de la soldadura. Para que sea aceptable, 4 de 5 especímenes deben pasar los criterios establecidos en la sección 9.4 con menos de 10% de separación. Si 4 de 5 especímenes pasan, la muestra califica para ser probada por un laboratorio de pruebas si fuera requerido.
9. Si las especificaciones requieren de pruebas independientes de soldadura, estas se efectuarán de acuerdo con ASTM 5820 o ASTM D4437.
10. Reportes sobre los exámenes y pruebas serán preparados, y entregados al representante del propietario.
11. Para soldaduras de campo, si falla una prueba de laboratorio, esto se considerará como un indicador de la posible insuficiencia del tramo completo de soldadura del cual se obtuvo la muestra. Tramos de ensayos destructivos adicionales serán tomados por el instalador de geomembrana en ubicaciones indicadas por el Ingeniero, típicamente 3.0 m (10 pies) a cada lado de la muestra fallada, y se

- practicarán pruebas de soldadura en laboratorio. Si estas pruebas pasan, se considerará como un indicador de soldadura adecuada. Si las pruebas no pasan, se considerará como un indicador de soldadura inadecuada, y todas las soldaduras representadas por el punto de prueba destructiva serán reparados por un tramo cobertor de soldadura con soldadura de extrusión en todos los lados del área cubierta. Las Pruebas de laboratorio deberán ser pagadas por el Contratante.
12. Todas las soldaduras del tramo de cubierta serán probadas con prueba de cámara de vacío, hasta que se compruebe la adecuacidad de las soldaduras. Tramos cobertores que excedan 50 metros de largo (150 pies), serán probados destructivamente.

### **Identificación y evaluación de Defectos**

1. Los paños y soldaduras serán inspeccionados por el Instalador y el representante del propietario durante y después de su despliegue, para identificar todos los defectos, incluyendo agujeros, ampollas, materia prima no diseminada y señales de contaminación por materias extrañas.
2. Cada punto sospechoso de la membrana (tanto áreas soldadas como no soldadas), serán probadas por métodos no-destructivos utilizando uno de los métodos descritos en la presente especificación. Cada punto que no pase las pruebas no-destructivas, será marcado, numerado, medido y notificado diariamente en los planos de "instalación", y subsiguientemente reparado.
3. Si una muestra destructiva falla el ensayo del laboratorio de campo, el instalador de geomembrana reparará la soldadura entre las dos ubicaciones más cercanas que pasaron en ambos lados de la ubicación de la prueba destructiva que falló.
4. Soldaduras defectuosas, roturas o agujeros, serán reparados volviendo a efectuar la soldadura o aplicando una tira de parchado con soldadura de extrusión.
5. Volver a soldar puede consistir de:
  - a. Remover la zona con soldadura defectuosa y volver a soldar el material original utilizando el equipo de soldar original; o
  - b. Volver a soldar por extrusión a lo largo del traslape en la parte exterior del borde de la soldadura, dejado por el proceso de soldadura por fusión.
6. Ampollas, agujeros mayores, y contaminación por materia extraña, serán reparados por medio de parches y/o pegas de soldadura de extrusión. Cada parche se extenderá un mínimo de 150 mm (6") más allá de los bordes de los defectos.
7. Todas las reparaciones serán medidas, ubicadas y anotadas.

### **Verificación de Reparaciones y Uniones**

1. Cada reparación será probada por métodos no-destructivos utilizando cámara de vacío o métodos de chispa eléctrica. Las pruebas que pasan la prueba no destructiva, serán consideradas como prueba de una reparación exitosa.
2. Las pruebas que fallen, serán vueltas a soldar y a probar hasta que resulte una prueba que pasa. El número, fecha, ubicación, técnico y resultado de la prueba de cada parche, serán anotados.

### **Informes Diarios de Instalación**

1. Al inicio de cada día de trabajo, el Residente proveerá al Supervisor los reportes diarios de todo el trabajo efectuado el día anterior. Estos reportes incluirán lo siguiente:

- a. Cantidad total y ubicación de la geomembrana instalada.
- b. Largo total de las soldaduras completadas, nombre de los técnicos que efectuaron las soldaduras, y número de la unidad de soldar.
- c. Dibujos representando la geomembrana instalado en el día anterior, mostrando número de paños, número de soldaduras, y ubicación de pruebas destructivas y no-destructivas efectuadas.
- d. Resultados de soldaduras de prueba para pre-calificación.
- e. Resultados de pruebas no-destructivas, y
- f. Resultados de pruebas de vacío efectuadas en reparaciones.

### **Resultados de Pruebas Destructivas**

Los resultados de pruebas destructivas serán reportados previo a que se cubra la membrana o dentro de un plazo de 48 horas.