



## **CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE RIEGO Y DE DRENAJE**

**CONSTRUIDAS AL AMPARO DE LA LEY N° 18.450**

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES Y ESPECIALES**



## INDICE GENERAL

|                                                                               | Pág |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN                                    | 5   |
| EG 1: Instalación de Faenas                                                   | 5   |
| EG 1.1 Servicios Higiénicos                                                   | 5   |
| EG 1.2 Eliminación de Basuras                                                 | 5   |
| EG 1.3 Alimentación Eléctrica                                                 | 5   |
| EG 1.4 Extinción de Incendios                                                 | 6   |
| EG 1.5 Retiro de Instalaciones y Limpieza Final                               | 6   |
| EG 1.6 Permisos                                                               | 6   |
| EG 2: Replanteo y Control Topográfico de las Obras                            | 6   |
| EG 2.1 Topografía                                                             | 6   |
| EG 2.2 Replanteo de las Obras                                                 | 7   |
| EG 3: Construcción de Obras de Movimiento de Tierras                          | 7   |
| EG 3.1 Excavaciones                                                           | 7   |
| EG 3.2 Rellenos a Tajo Abierto                                                | 12  |
| EG 3.3 Refuerzo y Sostenimiento en Excavaciones                               | 13  |
| EG 4: Hormigón en General                                                     | 17  |
| EG 4.1 Excavaciones                                                           | 17  |
| EG 4.2 Moldaje                                                                | 17  |
| EG 4.3 Armaduras                                                              | 18  |
| EG 4.4 Hormigones Propiamente Tales                                           | 19  |
| EG 4.5 Tipo de Hormigones Recomendados                                        | 25  |
| EG 5: Hormigón Proyectado                                                     | 26  |
| EG 6: Hormigón Fluido y en Grandes Masas                                      | 27  |
| EG 6.1 Hormigón Fluido                                                        | 27  |
| EG 6.2 Hormigonado en Grandes Masas                                           | 28  |
| EG 7: Compuertas                                                              | 29  |
| EG 7.1 Compuertas de Distribución                                             | 29  |
| EG 7.2 Compuertas de Entrega a Nivel Predial                                  | 30  |
| EG 8: Filtros, Geotextiles y Geomembranas                                     | 30  |
| EG 8.1 Filtros                                                                | 30  |
| EG 8.2 Geotextiles                                                            | 31  |
| EG 8.3 Geomembranas                                                           | 32  |
| EG 9: Sistemas de Reparación de Canales de Hormigón y otras Obras Hidráulicas | 32  |
| EG 9.1 Tipos de deterioro                                                     | 32  |
| EG 9.2 Sistemas de Reparación                                                 | 34  |

|                                                                                         | Pág |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ESPECIFICACIONES ESPECIALES DE CONSTRUCCIÓN                                             | 38  |
| EE1: Obras de Conducción                                                                | 38  |
| EE 1.1 Construcción de Canales sin Revestir                                             | 38  |
| EE 1.2 Construcción de Canales con Revestimientos de Tierra, de Hormigón y Albañilerías | 41  |
| EE 1.3 Obras de Arte                                                                    | 44  |
| EE2: Bocatomas y Defensas Fluviales                                                     | 45  |
| EE 2.1 Bocatomas                                                                        | 45  |
| EE 2.2 Defensas Fluviales                                                               | 46  |
| EE3: Obras de Almacenamiento                                                            | 49  |
| EE 3.1 Fundaciones y Rellenos                                                           | 49  |
| EE 3.2 Obras de Toma                                                                    | 52  |
| EE4: Captaciones Subterráneas y Elevaciones Mecánicas                                   | 53  |
| EE 4.1 Captaciones Subterráneas                                                         | 53  |
| EE 4.2 Elevación Mecánica                                                               | 54  |
| EE5: Riego Californiano                                                                 | 54  |
| EE 5.1 Obra de Toma                                                                     | 54  |
| EE 5.2 Desarenador                                                                      | 54  |
| EE 5.3 Tubería de Conducción y de Distribución                                          | 54  |
| EE 5.4 Cámaras Reguladoras de Presión                                                   | 54  |
| EE 5.5 Campanas de Distribución, Válvulas y Compuertas                                  | 54  |
| EE6: Riegos Tecnificados Localizados                                                    | 55  |
| EE 6.1 Riego por Aspersión                                                              | 55  |
| EE 6.2 Riego por Goteo                                                                  | 56  |
| EE7: Obras de Drenaje                                                                   | 57  |
| EE 7.1 Topografía                                                                       | 58  |
| EE 7.2 Excavaciones                                                                     | 58  |
| EE 7.3 Canales                                                                          | 58  |
| EE 7.4 Tubería                                                                          | 58  |
| EE 7.5 Obras Terminales                                                                 | 59  |
| EE 7.6 Materiales de Desechos                                                           | 59  |
|                                                                                         | Pág |
| ANEXOS CON INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA                                                   | 60  |
| ANEXO 1 Obras de Conducción                                                             | 60  |
| A.1.1 Canales sin Revestir                                                              | 60  |
| A.1.2 Revestimientos de Hormigón                                                        | 63  |
| A.1.3 Revestimientos de Hormigón Prefabricado                                           | 63  |
| A.1.4 Revestimientos de Albañilería de Piedra o Mampostería                             | 64  |
| A.1.5 Canoas                                                                            | 65  |
| A.1.6 Cruce de Caminos y de Ferrocarril                                                 | 66  |
| A.1.7 Sifones                                                                           | 66  |



|         |                                                     |    |
|---------|-----------------------------------------------------|----|
| A.1.8   | Vertederos de Rebalse                               | 67 |
| A.1.9   | Desarenadores                                       | 68 |
| A.1.10  | Marcos Partidores                                   | 68 |
| ANEXO 2 | Bocatomas y Defensas Fluviales                      | 69 |
| A.2.1   | Bocatomas                                           | 69 |
| A.2.2   | Defensas Fluviales                                  | 70 |
| ANEXO 3 | Obras de Almacenamiento                             | 73 |
| A.3.1   | Obras de regulación Estacional – Tranques de Tierra | 74 |
| A.3.2   | Obras de Toma                                       | 81 |
| ANEXO 4 | Captaciones Subterráneas y Elevaciones Mecánicas    | 86 |
| A.4.1   | Captaciones Subterráneas                            | 86 |
| A.4.2   | Elevación Mecánica                                  | 88 |
| ANEXO 5 | Riego Californiano                                  | 90 |
| ANEXO 6 | Riego Tecnificados localizados                      | 94 |
| A.6.1   | Riego por aspersión                                 | 94 |
| A.6.2   | Riego por goteo                                     | 95 |
| A.6.3   | Riego por microaspersión                            | 96 |
| ANEXO 7 | Obras de Drenaje                                    | 97 |
| A.7.1   | Estudios                                            | 97 |
| A.7.2   | Obras                                               | 98 |



## **ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN**

Las presentes Especificaciones Generales (EG) están referidas a las siguientes actividades:

- EG 1: Instalación de Faenas
- EG 2: Replanteo y Control Topográfico de las Obras
- EG 3: Construcción de Obras de Movimiento de Tierras
- EG 4: Hormigón en General
- EG 5: Hormigón Proyectado
- EG 6: Hormigón Fluido y en Grandes Masas
- EG 7: Compuertas
- EG 8: Filtros, Geotextiles y Geomembranas
- EG 9: Sistemas de Reparación de Canales de Hormigón y otras Obras Hidráulicas

Estas Especificaciones Generales, y las Especificaciones Especiales, que se incluyen más adelante, se deberán considerar complementarias de las Normas Chilenas e Internacionales que correspondan.

### **EG 1. INSTALACIÓN DE FAENAS**

Se entenderá por Instalación de Faenas, todas aquellas instalaciones, provisorias y/o definitivas, que se requieran para la correcta ejecución y control de las obras a construirse.

Se deberá proveer en caso necesario, de instalaciones adecuadas que permitan cumplir las necesidades de operación y almacenaje de materiales.

#### **EG 1.1. Servicios Higiénicos**

Las Instalaciones en general, contarán con servicios higiénicos de piso lavable, que cumplan con la reglamentación vigente al respecto, con agua potable y conexión a algún sistema aprobado de alcantarillado, o baños químicos en proporción suficiente, respecto de los trabajadores que estén bajo su cargo.

#### **EG 1.2. Eliminación de Basuras.**

Se deberá recolectar y eliminar la basura y desperdicios de todos los recintos y frentes de trabajo. La basura deberá depositada en un lugar que cumpla las normas sanitarias y medioambientales vigentes.

#### **EG 1.3. Alimentación Eléctrica.**

Se deberá realizar todas las instalaciones eléctricas necesarias o proveer de grupos electrógenos que permitan el trabajo de maquinaria y herramientas, tales como vibradores de inmersión, taladros, etc. Si es el caso, el abastecimiento eléctrico



deberá ser solicitado directamente por el Contratista a la empresa que suministra la energía eléctrica en la región.

#### **EG 1.4. Extinción de Incendios.**

Se deberá disponer de todos los elementos requeridos para prevenir y extinguir incendios en forma eficaz y oportuna. Deberá contar con personal que tenga experiencia en el manejo de los equipos contra incendios.

#### **EG 1.5. Retiro de las Instalaciones de Faenas y Limpieza Final.**

El Contratista será el único responsable de la operación, vigilancia, mantención y posterior retiro del terreno de todas las instalaciones ejecutadas. Será, además, responsable por la restitución de las condiciones naturales existentes, previo a la construcción de las instalaciones, en todas las áreas ocupadas por ellas. Para ello, deberá desmontar y/o demoler las instalaciones y retirar, fuera de los límites del Proyecto, todos los materiales aprovechables y de desecho (moldajes, fierros, chatarra, etc.).

#### **EG 1.6. Permisos.**

La Inspección deberá exigir que le sean exhibidos los permisos, de cualquier naturaleza, de entidades públicas o privadas, necesarios para la construcción de las obras.

### **EG 2. REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO DE LAS OBRAS.**

#### **EG 2.1. Topografía.**

El Contratista deberá efectuar todos los trabajos topográficos necesarios para la ejecución de las obras, incluyendo expresamente el replanteo en terreno de las obras del Proyecto y materialización de Puntos de Referencia (PR) sean éstos auxiliares o de control de ejecución. Se incluye también en los alcances del Contratista, los trabajos topográficos para el control de avances, cubicaciones y, en general, toda la labor de topografía que se requiera para la correcta ejecución de las obras.

El Contratista será responsable de la correcta ejecución de los trabajos topográficos señalados, debiendo verificar previamente las cotas indicadas en los planos para las obras existentes, cuando esto sea pertinente.

Una vez que el Contratista someta a consideración de la Inspección para su revisión, los replanteos, estacados, PR definitivos, etc., se procederá a la aprobación de ejecución de excavaciones.

El costo de todos los trabajos topográficos que sea necesario realizar para asegurar la correcta ejecución de las obras se considerará incluido en los costos de la obras.



## **EG 2.2. Replanteo de las Obras.**

El replanteo de las obras lo efectuará el Contratista, en base a los Planos del Proyecto y a los Puntos de Referencia que han sido previamente aprobados por la Inspección,

Si el Contratista detecta cualquier inconsistencia o discrepancia en el replanteo de las obras, al comparar lo que muestran los planos del Proyecto con lo que se observa en el terreno, deberá informarlo de inmediato a la Inspección, quien determinará cómo proceder para salvar la inconsistencia o discrepancia.

El replanteo consistirá en señalar en el terreno, la ubicación exacta de los elementos geométricos que definen la posición de las obras proyectadas contenidas en los planos de diseño. Los elementos geométricos básicos que se utilizarán, deberán habitualmente corresponder a los ejes del trazado de la obra o de partes de las obras.

Los puntos replanteados para el control de ejecución de las obras, deberán emplazarse fuera del área que sea afectada por las labores de construcción de la misma y deberán materializarse en monolitos o similar.

Será responsabilidad del Contratista ejecutar todos los trabajos topográficos necesarios para el control de avance y ejecución de las obras incluyendo, entre otros, nivelaciones, perfiles longitudinales, perfiles transversales, levantamientos de detalle, etc.

## **EG 3. CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.**

### **EG.3.1 Excavaciones.**

#### **EG.3.1.1. Roces, Descepes, Escarpes y Demoliciones.**

En estas especificaciones se describen las exigencias que deberá cumplir el roce, el descepe, el escarpe y las demoliciones en las áreas destinadas a la fundación de obras definitivas o temporales, yacimiento de materiales, depósito de materiales, ya sean botaderos o acopios, y en todas otra área que se indique en las especificaciones técnicas especiales.

#### Iniciación de los Trabajos.

Para dar comienzo a los trabajos de roce, descepe y escarpe, el Contratista deberá requerir la correspondiente autorización de la Inspección.

El Contratista deberá replantear las áreas en que, de acuerdo al contrato, se deberán ejecutar estos trabajos. El replanteo deberá ser sometido a la



aprobación del Inspector, antes de iniciar los trabajos. Los procedimientos para delimitar en el terreno las áreas involucradas deberán ser tales, que permitan verificar en forma simple y rápida, que los trabajos cumplen con los límites indicados en el contrato.

#### Roce.

El roce consistirá en la tala de árboles y corte de arbustos a no más de 30 cm sobre el nivel del suelo, retirando y depositando los arbustos y demás desechos, en lugares aprobados por la Inspección, con la debida autorización del propietario de los terrenos que servirán de botadero

No se permitirá el roce a fuego para ningún tipo de vegetación, a menos que autoridades pertinentes y la Inspección lo aprueben.

Los límites de las áreas que deben ser rozadas, se extenderán 4 metros más allá del término de las excavaciones y de los rellenos, salvo lo especificado en los planos del contrato o por la Inspección.

Deberá tomarse precauciones especiales en el roce que deba hacerse en las proximidades de caminos, vías férreas, líneas e instalaciones, de modo de no interrumpir el tránsito en forma prolongada, ni causar daños. Se deberá, además, colocar señalización adecuada para evitar accidentes.

#### Descepe

El descepe consistirá en la remoción, transporte y depósito de cepas, tocones y raíces. El límite en planta, de las áreas a descepar, será de 2 metros más allá del término de las excavaciones o de los rellenos. Se deberá contar con la debida autorización del propietario de los terrenos que servirán de botadero

#### Escarpe.

El escarpe consistirá en la remoción, transporte y depósito en lugares aprobados por la Inspección, de toda la capa superficial del suelo que contenga elementos de desecho, humus, materiales en descomposición, o cualquier residuo de vegetación. Cuando la napa de agua esté cerca de la superficie, el escarpe deberá hacerse bajo el nivel freático.

El escarpe se realizará hasta una profundidad y una extensión tal, que todo el material indicado en el párrafo precedente haya sido removido. Sólo se podrán dejar sin retirar raíces capilares de diámetro inferior a 3 mm.

Los lugares en que existan raíces de diámetro superior a los 3 mm a profundidades mayores de 60 cm, deberán ser escarpados hasta esa profundidad. A profundidades mayores, deberán ser arrancadas por operaciones de descepe.

El escarpe se hará en todas las áreas correspondientes a futuras excavaciones y cuyo material será utilizado para efectuar rellenos, y en aquellas áreas en que se fundará sin una excavación posterior al escarpe.

Los límites, en planta, de las áreas de escarpe, se extenderán un metro más allá de los límites establecidos para la planta de las excavaciones o rellenos.

#### Demoliciones.

Las especificaciones técnicas especiales, indicarán las demoliciones que deberán efectuarse. El uso de explosivos en las demoliciones será posible sólo con la autorización de la Inspección, para lo cual el contratista deberá presentar un plan detallado de ejecución. Además, se deberán obtener los permisos de las autoridades que correspondan para su uso y transporte.

#### Agotamiento.

Los roces, descepes y escarpes deberán efectuarse con las áreas libres de aguas superficiales y deberá mantenerse la napa deprimida. En todos los casos que sea posible, se mantendrán desagües que permitan el escurrimiento gravitacional del agua hacia afuera de las áreas en que se ejecute roce, descepe o escarpe.

#### Disposición de los Materiales Extraídos.

Todos los árboles, arbustos, raíces y cualquier otro material proveniente de demoliciones, roces y descepes que no sean propiedad de terceros deberán ser retirados del lugar, de acuerdo a las instrucciones de la Inspección. No se permitirá quemarlos a menos que esta operación sea autorizada por la Inspección y se disponga de los permisos de los organismos correspondientes. Además, deberán tener el equipo adecuado necesario para poder controlar el fuego y evitar que se propague a las zonas vecinas.

Los materiales provenientes de las operaciones de escarpe y aquellos que puedan ser utilizados como protección deberán ser acopiados en lugares especialmente destinados a este fin con la autorización previa de la Inspección. Los depósitos destinados al material de escarpe deberán dejarse limpios y con taludes suaves y adecuados que aseguren el escurrimiento de las aguas sin que se produzca erosión.

### **EG.3.1.2. Excavaciones Abiertas.**

En estas especificaciones se establecen las exigencias para la ejecución de las excavaciones abiertas, tanto en roca como en material común, necesarias para la construcción de las obras.

Se considera excavación en roca, la efectuada en las siguientes condiciones:

- Uso de explosivos.
- Prohibición de usar explosivos especificada en el proyecto o en las especificaciones técnicas especiales, aunque el material de excavación debería ser tratado como en el caso anterior.
- Los trozos de roca sueltos o bolones de más de 0,4 m<sup>3</sup> de volumen.

Se considerará como excavación en material común, toda aquella que no cumpla con las definiciones anteriores.

#### Límites y Tolerancias de Excavación.

Las excavaciones deberán ejecutarse de acuerdo a las líneas y niveles teóricos fijados en los planos del contrato o, en caso de obras de gran extensión, a los que resulten del replanteo en el terreno efectuado por la Inspección de la obra, con las tolerancias que se señalan más adelante.

No se aceptará que queden materiales sobresalientes o material suelto depositado en la superficie de contorno de excavaciones terminadas, contra las cuales debe hormigonarse o colocarse rellenos, a menos que lo autorice la Inspección.

Las líneas y niveles de excavación de los taludes definitivos a la vista, con excepción de taludes de conducciones de agua sin revestir no podrán apartarse en más de 10 cm en las excavaciones en material común, ni en más de 20 cm en las excavaciones en roca, respecto de las líneas y niveles teóricos fijados en los planos del contrato o lo que especifique el Inspector Fiscal.

En la superficie terminada de los taludes definitivos a la vista en material común se aceptarán protuberancias o depresiones locales no mayores de 10 cm, medidas respecto de la superficie resultante.

La superficie terminada de los taludes en roca, deberá presentar un mínimo de sobreexcavación, debiendo cumplirse con lo indicado en la cláusula sobre Tratamiento de Taludes de estas especificaciones.

Los taludes definitivos deberán quedar exentos de cualquier material inestable.

#### Ejecución de las Excavaciones.

Todas las excavaciones ejecutadas en material común para fundar estructuras de hormigón deberán terminarse en seco rebajando la napa freática.

La planificación de las excavaciones en roca, en cuanto al uso de explosivos, debe ser aprobada por la Inspección.

#### Ejecución de las Tronaduras.

Las tronaduras deberán ejecutarse en forma controlada con el objeto de ceñirse a las líneas de excavación mostradas en los planos del proyecto, reducir al mínimo las sobreexcavaciones y afectar lo menos posible a la roca.

Con el fin de reducir al mínimo la sobre excavación en el piso de una excavación, la última bancada de roca sobre la cota de fundación deberá tener como máximo 4 m de altura y deberá además ser excavada empleando perforaciones de diámetro máximo 3", inclinadas 15° a 30° con respecto a la vertical y utilizando explosivos de baja potencia y velocidad de detonación.

Se deberá tomar precauciones especiales con las tronaduras que queden próximas a los paramentos laterales de una excavación, los que deben sufrir el menor daño posible. En general estas precauciones se tomarán en una franja de 4 metros mínimo de ancho, paralela al paramento, salvo indicación distinta en los planos del contrato o en las especificaciones técnicas especiales.

#### Tratamiento de Taludes.

Se deberá peinar los taludes en material común y remover y picar los taludes en roca para retirar trozos de roca sueltos. Asimismo, se exigirá la desviación de las aguas superficiales para asegurar la estabilidad de los taludes y también mantener en seco las excavaciones.

Taludes en material común. En cualquier etapa de una excavación no deberán mantenerse taludes más empinados que los que se señalan en los planos del Proyecto y en las especificaciones técnicas especiales a menos que sean autorizados.

Taludes en Roca. La acuahadura y eventual refuerzo de los taludes de roca deberá efectuarse inmediatamente después de realizada una tronadura.

El sostenimiento a emplear para el refuerzo será el indicado en los planos y las especificaciones técnicas especiales.

La excavación no podrá continuar en tanto no se haya efectuado la acuahadura y eventual refuerzo, salvo autorización expresa de la Inspección.

#### Preparación de la Superficie.

Una vez terminada la ejecución de una excavación abierta deberá procederse, en los casos en que se requiera, a la preparación de la superficie, para lo cual deberá cumplirse los puntos que se establecen en los párrafos siguientes:

Todas las superficies contra las cuales se colocarán rellenos, deberán prepararse de acuerdo a las especificaciones sobre Rellenos, y aquella contra

las cuales se debe hormigonar, de acuerdo a lo indicado en las de Obras de Hormigón.

En ningún caso, el Contratista podrá hormigonar o rellenar una superficie de excavación sin que ello haya sido aprobado previamente por la Inspección.

#### Escombreras para los Materiales Excavados.

Todos los materiales procedentes de las excavaciones que no sean adecuados o necesarios para rellenos, agregados para hormigón u otros usos, deberán llevarse a las zonas designadas como escombreras en los planos del proyecto, en las Especificaciones Técnicas Especiales, o donde indique la Inspección.

Las operaciones de excavación, con o sin explosivos deberán efectuarse de tal modo que las excavaciones produzcan el máximo de material aprovechable en otros usos previstos en el contrato. En lo posible este material se obtendrá separadamente y se deberá transportar hasta su lugar de utilización u otro transitorio.

Las escombreras no deberán producir inestabilidad de los taludes naturales cercanos ni de alguna parte de las obras. Las escombreras no requieren compactación especial.

### **EG 3.2. Rellenos a Tajo Abierto.**

En esta sección se describen las exigencias que regirán la ejecución de los rellenos exteriores compactados, ya sean comunes o estructurales, requeridos donde lo indiquen los planos del proyecto o donde así lo instruya la Inspección.

#### **EG.3.2.1. Relleno Común Compactado.**

Se considera este tipo de rellenos compactados para plataformas, nivelación de terrenos, rellenos en zanja o en canchas y en general para cumplir lo establecido en las cotas o perfiles terminados del Proyecto. No se incluyen en esta partida aquellos rellenos no controlados, ya sea por el origen de sus materiales o porque no se han empleado medios mecánicos para su compactación, o porque no se han efectuado los ensayos de laboratorios especificados.

Para la construcción de los rellenos se utilizarán fuentes de materiales (yacimientos), previamente autorizados por la Inspección. El relleno compactado cumplirá con un tamaño máximo 3", con un CBR<sup>4</sup> mínimo del 40 % (al 95 % DMCS<sup>5</sup>) y su compactación alcanzará una densidad del 95 % de la máxima compactada seca, según ASTM D 1557-78

### **EG.3.2.2. Relleno Estructural**

**Tabla 2. Características Granulométricas del Relleno**

| <b>Tamiz</b>  | <b>% Que Pasa (en peso)</b> |
|---------------|-----------------------------|
| <b>2"</b>     | <b>100</b>                  |
| <b>Nº 4</b>   | <b>35 - 100</b>             |
| <b>Nº 200</b> | <b>0 - 20</b>               |

Estos rellenos estructurales se construirán en capas horizontales que no excedan en espesor de 0,20 cms., compactándose con medios mecánicos hasta alcanzar una densidad del 95 % de la DMCS medido según ASTM D 1557-78 o del 80 % de la densidad relativa.

En los alcances de este tipo de rellenos se incluye aquellos rellenos especificados o indicados en los planos del Proyecto con características de material de filtro. La estructuración de los filtros se da a conocer en la especificación EG 8.1

### **EG.3.2.3. Acopio de Materiales para Rellenos.**

Los acopios de material para relleno que el Contratista disponga para estas faenas, deberán cumplir lo especificado en la EG 4., en lo que se refiere a los acopios de materiales para hormigones.

### **EG 3.3. Refuerzo y Sostenimiento en Excavaciones.**

En esta sección se describen las exigencias de los elementos necesarios y trabajos que considera el proyecto para el refuerzo y sostenimiento de las excavaciones abiertas y de las excavaciones subterráneas.

El Contratista deberá suministrar e instalar:

- Hormigón Proyectado
- Pernos de Anclaje
- Malla de Alambre
- Todos los elementos auxiliares que se indican en los planos del Proyecto y en estas especificaciones, que sean necesarios para una buena y segura instalación de los elementos mencionados.

El Contratista será responsable, durante todo el período de construcción, de la seguridad de las obras; de su personal y equipos, siendo su obligación, la oportuna y correcta instalación y la posterior mantención de todos los refuerzos y sostenimientos que sea necesario ejecutar, por razones de seguridad o de construcción, tanto en las excavaciones abiertas, como subterráneas.

La distribución y tipo de refuerzos o sostenimientos a utilizar, deberán ser sometidos a la aprobación de la Inspección antes del inicio de dichas faenas.

Los sistemas de refuerzo de las excavaciones consistirán, fundamentalmente, en el empleo de hormigón proyectado y colocación de pernos de anclaje, según distribución y tipo indicados por la Inspección. La malla de alambre tendrá como fin proteger de caídas de rocas en zonas en que se ha dispuesto pernos sin hormigón proyectado y en las que pueden desprenderse bloques pequeños.

Los refuerzos y sostenimientos que instale el Contratista deberán cumplir lo descrito en esta sección y ser previamente aprobados por la Inspección. Esta aprobación no relevará de ninguna manera al Contratista de sus obligaciones contractuales respecto a la seguridad durante la construcción de la obra.

El Contratista será responsable de tener disponible para uso inmediato, durante todo el período de ejecución de las excavaciones, un stock mínimo de un 20 % del total de cada elemento de refuerzo y sostenimiento a usar. Previo al inicio de los trabajos, el Contratista deberá proponer el stock para la aprobación de la Inspección.

En cuanto al hormigón proyectado véase el EG 5.

#### **EG.3.3.1. Pernos para roca**

##### Tipos de Pernos.

Los pernos para roca serán del tipo pasivo, anclados y sellados en toda su longitud. Estos pernos están constituidos por una barra que se introduce en una perforación previamente rellena con resina o con mortero. Sólo se podrá ocupar mortero o lechada de cemento en las perforaciones descendentes, exceptuando aquellos casos en que en los planos se indique que el relleno deberá realizarse con resina. En toda perforación ascendente se deberá usar resina. En la parte exterior, el perno tendrá hilo donde se colocará la placa de presión, golillas y tuercas.

No se permitirá el empleo de pernos para roca del tipo activo con anclaje expansivo ni pernos pasivos que actúen en base a fricción directa roca - elemento metálico.

##### Materiales:

##### Pernos.

Los pernos para roca deberán ser del diámetro nominal indicado en los planos. Deberán ser de acero de alta resistencia, de calidad mínima A63-42H en barras redondas con resaltes.



El perno deberá tener hilo en un largo mínimo de 10 cm. El hilo deberá ser capaz de admitir la tensión correspondiente al límite de fluencia de la parte lisa del perno.

La longitud de pernos especificada en planos corresponde al sector sin hilo, o largo que queda introducido en la perforación.

#### Placas. Tuercas y Golillas.

La placa y planchuela de presión serán de acero A37-24 o superior y serán cuadradas de 20 x 20 cm. y 10 mm. de espesor.

Las tuercas y golillas serán de acero endurecido y deberán cumplir los requisitos de la norma ASTM A325.

Se exigirá el uso de placas y golillas de diseño tal que presenten superficies de apoyo esféricas, de modo que se logre un contacto adecuado a pesar de las irregularidades de la superficie de roca. Estos elementos deben ser productos probados de algún fabricante especializado. Alternativamente, se podrán emplear parejas de golillas en forma de cuña

#### Rellenos.

La mezcla para el relleno de las perforaciones será de resinas epóxicas excepto en los pernos que se instalen con inclinación bajo la horizontal, caso en el que la mezcla podrá ser mollero preparado mediante una mezcla arena - cemento, salvo indicación contraria en los planos del Proyecto.

El empleo de resina adhesiva deberá hacerse cumpliendo las especificaciones del fabricante y con la aprobación de la Inspección.

Deberá disponerse de resinas de fraguado normal y de fraguado rápido. Esta última se usará cuando se haga indispensable su empleo.

#### Stock.

El Contratista deberá mantener, mientras dure la excavación de los túneles, un stock mínimo del 20% del total cubicado, de pernos de roca completos incluyendo los elementos para sellado y anclaje. Estos elementos serán almacenados y acopiados conforme a las instrucciones de preservación de los fabricantes.

El programa de suministro deberá ser aprobado por la Inspección y deberá ser actualizado periódicamente o cada vez que ésta lo ordene.



### Instalación.

El Contratista deberá manipular e instalar todos los pernos para roca y sus accesorios siguiendo las mejores prácticas en uso y las recomendaciones de los fabricantes, tomando en consideración las características y formación de la roca en que se van a usar.

El Contratista deberá someter para aprobación de la Inspección los elementos, equipos y métodos detallados de instalación de los pernos.

Inmediatamente antes de iniciar el proceso de colocación de pernos, las perforaciones deberán ser limpiadas mediante aire comprimido o agua a presión para eliminar todos los detritos, sedimentos o desechos.

El sistema de instalación de perno y relleno de la perforación deberá asegurar el anclaje del perno en toda la longitud de la perforación y asimismo, la protección de éste contra la oxidación.

Antes de la colocación de la tuerca en el perno, deberá asegurarse que los hilos estén libres de herrumbres, o materias extrañas.

### **EG.3.3.2. Malla de Alambre.**

#### Materiales.

La malla de alambre deberá ser del tipo tejido, de alambre calibre Nº 8, cuadro de 10 cm y deberá cumplir con la norma ASTM 386.

#### Instalación.

La malla de alambre deberá seguir en forma general el contorno de la roca sujetándosela con pernos para roca.

Donde sea posible, la malla de alambre se deberá colocar en los pernos para roca, entre la roca y la placa de apoyo, y se apretará al aplicar el torque inicial de la tuerca. En caso que sea necesario colocar malla de alambres después de haber instalado los pernos para roca, se deberá, donde sea posible, sujetar la malla a los pernos por medio de una placa y tuerca adicionales.

Donde sea necesario adaptar la malla a la forma de la excavación, se deberá colocar pernos para rocas adicionales de longitud mínima de 50 cm, o mediante otro sistema de amarre o anclaje que apruebe la Inspección.

La malla metálica deberá ser limpiada de materiales desprendidos y cuando esta limpieza no sea posible, la malla deberá ser reemplazada. Ni la limpieza ni el reemplazo de mallas darán lugar a pagos adicionales.

En las uniones de tramos de mallas se deberá considerar un traslape mínimo de tres espacios o cuadros.



#### **EG 4. HORMIGÓN EN GENERAL.**

Estas Especificaciones Generales, son aplicables a todas las obras de hormigón estructural, sin perjuicio de la prelación de los Planos y Especificaciones Técnicas del proyecto, los que primarán sobre estas especificaciones

##### **EG 4.1. Excavaciones.**

Previamente al comienzo de los trabajos de hormigonado de una determinada parte de una obra, deberán haberse terminado todas las actividades relacionadas con el proceso de excavaciones en la forma establecida en las EG 3.

##### **EG 4.2. Moldaje.**

Se deberán usar moldajes en todas las zonas en que sea necesario confinar el hormigón o darle forma, de acuerdo a las líneas, niveles y dimensiones que aparecen en los Planos del Proyecto. Los moldajes deberán ser suficientemente resistentes y rígidos como para soportar las presiones ejercidas por el hormigón al ser colocado y compactado, de modo que resulten superficies de hormigón que cumplan con las tolerancias.

Los moldajes deberán ser suficientemente estancos para impedir pérdidas de la lechada de hormigón. Cuando se empleen moldajes reusables, estos deberán mantener a través de todos los usos su resistencia, rigidez, estanqueidad y la terminación de su superficie.

Previo a la etapa de hormigonado, el Contratista deberá presentar al Inspector los detalles de diseño de los moldajes que se propone emplear, para someterlos a su aprobación.

##### **EG.4.2.1. Características del Moldaje.**

Los moldajes de superficies expuestas a la vista podrán ser de madera, madera terciada, acero u otro material que sea aprobado por la Inspección. Se podrán forrar con madera terciada tanto los moldes de madera como los de acero. Sin embargo, no se permitirá el uso de láminas metálicas para forrar madera.

Sólo deberán emplearse maderas cuya clase y calidad, o cuyo tratamiento o recubrimiento, garanticen que no se producirán ataques químicos ni cambios de colores en las superficies de hormigón.

##### **EG.4.2.2. Moldajes para Distintas Calidades de Terminación.**

El revestimiento de los moldajes deberá cumplir con las tolerancias máximas de terminación de la superficie que se indican para distintos tipos de estructura de estas Especificaciones.

Para superficies alabeadas deberán usarse moldajes herméticos que permitan obtener superficies suaves.

#### **EG.4.2.3. Moldajes para Hormigón Estructural.**

Los moldajes de vigas, carreras, nervios y dinteles se deberán construir de manera que puedan desmoldarse los costados sin afectar el fondo y los soportes de los moldes. Los soportes y el suelo de apoyo deberán resistir el peso del hormigón fresco y las otras cargas de construcción sin deformaciones que sobrepasen las tolerancias especificadas para el hormigón.

Los puntales que soporten moldajes para losas, vigas, carreras, arcos y dinteles deberán apoyarse en cuñas u otro sistema previamente aprobado por el Inspector, diseñado para poder retirarlo sin provocar esfuerzos o golpes que puedan afectar la superestructura.

Los cantos vivos de vigas, losas, machones, muros, revestimientos y pilares en superficies expuestas, deberán llevar un chaflán de 2,5 x 2,5 cm, salvo indicación distinta en los Planos del Proyecto o de la Inspección.

#### **EG.4.2.4. Sujeción para Moldajes.**

Los elementos de sujeción de los moldajes se deberán diseñar de modo que no haya elementos metálicos a menos de 2,5 cm de la cara del moldaje, excepto en los casos de superficies no expuestas a la vista, en las cuales podrán terminar en la superficie o podrán cortarse a ras de ésta.

#### **EG.4.2.5. Compuesto para Moldaje (Antiadherente).**

Se deberá aplicar a los moldajes un compuesto que impida su adherencia al hormigón. Este compuesto consistirá en aceite mineral, u otro líquido aprobado por la Inspección, que no produzca manchas en las superficies terminadas.

De preferencia, deberá aplicarse antes de colocar las armaduras o, en su defecto, éstas deberán protegerse para evitar ser cubiertas por el compuesto.

### **EG 4.3. Armaduras.**

La calidad de los aceros usada para las armaduras será la indicada en los Planos o Especificaciones Técnicas del Proyecto de acuerdo al cálculo estructural. En todo caso, ellas deberán cumplir las indicaciones de las Normas Chilenas.

#### **EG.4.3.1. Almacenamiento.**

Se podrán almacenar a la intemperie las barras de acero para hormigón, ordenando el material en lotes separados por diámetro, calidad y longitud, de modo de evitar que queden en contacto directo con el suelo.

#### **EG.4.3.2. Cortado y Doblado de las Armaduras.**

Las barras de acero para hormigón podrán ser cortadas y dobladas en el terreno o fuera de él, a elección del Contratista. Sin embargo, si las barras son preparadas fuera del terreno, el Contratista deberá mantener en el terreno un stock de barras de acero e instalaciones para cortar y doblar con el fin de poder ejecutar los cambios y agregados menores en las obras.

#### **EG.4.3.3. Colocación de las Armaduras.**

Las armaduras se deberán colocar en su posición en estricto cumplimiento con los Planos del Proyecto y Deben estar libres de suciedad, polvo, óxido, aceites y otros elementos que impida una correcta adherencia con el hormigón. Deberán fijarse en sus intersecciones mediante amarras con alambres de acero recocido y asegurar su distancia a la superficie del hormigón por medio de bloques de mortero, o en su reemplazo mediante soportes metálicos, plásticos u otros dispositivos aprobados por la Inspección.

Los empalmes de las barras se deberán hacer de acuerdo a las Normas Chilenas NCh 429 y NCh 211. No se aceptarán empalmes hechos con soldadura.

#### **EG.4.3.4. Protección de las Armaduras.**

El Contratista deberá tomar las medidas de protección que sean necesarias para evitar la rotura de las amarras, después de la inspección final y durante el hormigonado, e impedir cualquier efecto que pueda perjudicar la adherencia de las armaduras al hormigón fresco durante o después del hormigonado.

El Contratista durante el hormigonado deberá tener disponible a lo menos un enfierrador.

No se podrá llevar a cabo la faena de hormigonado sin la recepción por parte de la inspección de la armadura y moldaje.

### **EG 4.4. Hormigones propiamente tales**

#### **EG.4.4.1. Características del Hormigón.**

Las características generales que deberá tener el hormigón de una obra determinada serán indicadas en los Planos y Especificaciones Técnicas del Proyecto para cada sector de la obra.



En particular se estipulará la resistencia mínima de rotura requerida a los 28 días, que se denominará para los fines de estas Especificaciones: Resistencia de Proyecto. En caso de hormigón armado, se estipulará también el diámetro máximo del agregado pétreo.

#### **EG.4.4.2. Materiales para el Hormigón.**

##### Cemento.

La Inspección someterá el cemento usado en obra a controles periódicos con el objeto de verificar si éste cumple los requisitos especificados. Sus resultados tendrán prelación sobre cualquier otro obtenido por un conducto diferente.

El cemento deberá almacenarse en recintos cerrados, libres de humedad, de preferencia en silos herméticos y destinando un recinto independiente para cada tipo de cemento. En caso de almacenarse en sacos se deberán tomar precauciones especiales.

En la fabricación del hormigón no deberán utilizarse mezclas de cemento de diferentes tipo y procedencia en una misma masada ni dentro de un mismo hormigonado. Su uso en diferentes sectores de la obra deberá ajustarse a las condiciones que establezca la Inspección.

##### Agua.

El agua que se utilizará para la preparación de los hormigones y para el lavado de los áridos deberá cumplir las estipulaciones de la Norma Chilena NCh 1498.

##### Agregados pétreos.

La selección de los agregados pétreos, su transporte y acopio deberán ser hechos entre sí y su contaminación por la superficie en que se depositen o por agentes externos (polvo, aceite de los equipos, barro u otros). Las áreas de acopio de los agregados pétreos deberán ser despejadas y limpiadas de todo material vegetal. Este despeje y limpieza deberá ser por lo menos hasta 15 metros de distancia más allá de los bordes de cualquiera de las pilas. Además, deberá darse al terreno una inclinación y drenaje adecuados para evitar la acumulación de agua. La utilización de áridos de tamaño superior a 3" deberá contar con la aprobación previa de la Inspección, la que fijará las condiciones de su empleo. En lo demás, deberá cumplir con lo exigido en la Norma NCh 163.

##### Aditivos.

La utilización de cualquier aditivo, que proponga el Contratista será objeto de especificaciones especiales, y deberá ser sometido a la aprobación previa de la Inspección.

#### **EG.4.4.3. Determinación de la Dosificación.**

Los hormigones serán dosificados de modo que se obtengan mezclas plásticas y trabajables, adecuadas a las condiciones específicas de colocación para cada obra y con la mínima cantidad de cemento y agua que cumplan con las condiciones establecidas en los Planos y Especificaciones Técnicas del Proyecto.

Una vez aprobada la lista de las dosificaciones el Contratista preparará hormigones de prueba, empleando los mismos tipos de materiales constituyentes del hormigón que utilizará durante la construcción, para cada uno de los tipos de hormigón considerados en la lista.

#### **EG.4.4.4. Fabricación del Hormigón.**

Dentro de los 30 días siguientes a la orden de comenzar las obras, el Contratista presentará a la Inspección, para su aprobación, planos descriptivos con la disposición general de la planta y descripción y características de los equipos que considera emplear para clasificación, mezcla, manipulación del cemento, de los agregados y del hormigón.

Cada hormigonera estará provista de un dispositivo adecuado que asegure mantener cerrada su descarga hasta que haya transcurrido el tiempo de revoltura necesario. No se permitirán tiempos de revoltura que produzcan una disminución del asentamiento de cono superiores a 3 cm que obliguen a agregar agua para mantener una adecuada consistencia a la mezcla. Si una hormigonera empieza a producir hormigón de características inadecuadas, deberá ser vaciada y detenida de inmediato, hasta que sea reparada o reemplazada.

Sistema de medición.- El Contratista proveerá pesos patrones y cualquier otro equipo auxiliar necesario para verificar la correcta operación de las balanzas u otros dispositivos de pesaje, en todo su rango de operación.

Control de Humedad.- La obra deberá estar equipada con dispositivos que permitan la determinación de humedad de los agregados pétreos con una precisión adecuada.

Control de Aditivos.- La obra deberá contar con accesorios adecuados que permitan dosificar separadamente cada aditivo. Los medidores para el incorporador de aire y plastificante, tendrán la capacidad suficiente para medir en forma simultánea las dosis necesarias para cada masada, con la dilución requerida, y deberán ser mantenidos permanentemente en buenas condiciones de operación.

Sistema de Muestreo.- Se deberá disponer de sistemas adecuados que permitan el muestreo de los distintos agregados. Estos elementos deberán estar ubicados

bajo las tolvas o en las compuertas - dosificadoras, a menos que sea aprobado otro sistema. La planta deberá disponer, además, de dispositivos para obtener con facilidad muestras representativas del hormigón de cada hormigonera.

Tiempo de Amasado del Hormigón.- El tiempo mínimo de amasado en minutos, será establecido mediante la siguiente expresión:

$$T > 1 + V/3$$

Siendo V el volumen de hormigón compactado en m<sup>3</sup> correspondiente a una masada.

Consistencia.- Durante el proceso de fabricación del hormigón, el Contratista deberá efectuar controles con el objeto de verificar que mantiene las características de razón agua/cemento y consistencia previstas al determinar su dosificación. Salvo indicación distinta en las Especificaciones Técnicas o de Inspección, la medida de la consistencia se efectuará del asentamiento en el Cono de Abrams, conforme al procedimiento establecido en la Norma NCh 1019.

Se considerará que las exigencias de consistencia se cumplen, si el promedio móvil de tres asentamientos de cono sucesivos, se mantienen dentro de un rango de más o menos 1 cm y no existe ningún valor individual que exceda en más de 5 cm el asentamiento previsto para el hormigón en uso.

Por otra parte, la razón agua/cemento deberá estar permanentemente comprendida dentro de un rango de más o menos 0,03 respecto al valor teórico previsto para el hormigón en uso.

Si cualquiera de estas condiciones no se cumple, el Contratista deberá tomar las medidas pertinentes para corregir la dosificación en uso. En caso contrario, la Inspección podrá suspender la faena de hormigonado en curso.

#### **EG.4.4.5. Preparación antes del Hormigonado.**

No se podrá iniciar la colocación de hormigón en ninguna parte de la obra sin la aprobación de la Inspección de todos los trabajos previos a la ejecución de cada etapa de hormigonado. Estos trabajos deberán incluir como mínimo lo siguiente:

- Preparación de la superficie de la zona por hormigonar, salvo indicación distinta en los Planos, Especificaciones Técnicas del Proyecto o la Inspección.
- Tratamiento de la superficie rocosa.
- Verificación de que el moldaje y las armaduras cumplen con los Planos y Especificaciones Técnicas del Proyecto y las Normas.
- Tratamiento de las juntas de hormigonado.
- Limpieza con aire y agua a presión.

#### Juntas de Hormigonado.

Se consideran como juntas de hormigonado, todas aquellas superficies de hormigón dejadas por razones de Proyecto, de construcción o detenciones inevitables del hormigonado en las que el hormigón en sitio haya endurecido hasta el punto de impedir la incorporación integral en su masa de nuevo hormigón fresco.

Salvo indicación expresa en los Planos o Especificaciones Técnicas del Proyecto, las juntas de hormigonado deberán ser sometidas a un tratamiento que permita la total eliminación de la lechada superficial existente en la junta.

#### **EG.4.4.6. Colocación del Hormigón.**

##### Disposiciones Generales.

No se podrá iniciar una faena de hormigonado si el Contratista no cuenta con las cantidades suficientes de cemento, aditivos o agregados adecuados para terminar la faena programada, o si, a juicio de la Inspección, existen motivos que hacen prever que no se logrará una correcta colocación, control, compactación y terminación del hormigón.

Los hormigones se colocarán antes de que hayan sufrido una pérdida de asentamiento de 3 cm y, en todo caso, antes de que hayan sufrido una variación apreciable de su consistencia o que haya comenzado el fraguado del cemento. No se aceptarán adiciones de agua en obra para corregir la consistencia del hormigón.

El hormigón, salvo en los casos especiales, se colocará en capas horizontales de un espesor compatible con una compactación adecuada, en todo caso inferiores a 60 cm.

##### Segregación del Hormigón.

Se debe evitar la segregación del hormigón durante el proceso de colocación, para lo cual deberán tomarse precauciones adecuadas.

##### Velocidad de Colocación.

La colocación del hormigón deberá hacerse en la forma más continua y rápida posible, de manera de evitar que puedan producirse juntas de hormigonado, diferente de las previstas en el Proyecto; la capacidad de compactación del hormigón y la capacidad resistente de los moldes deberá ser concordante con la velocidad de colocación.

#### Compactación.

La compactación de los hormigones se efectuará exclusivamente por vibración salvo en el caso de utilizar el hormigonado mediante hormigón fluido. El proceso de vibración mediante vibrador de inmersión, deberá ser hecho en forma vertical. La separación entre puntos de inmersión del vibrador, deberá ser a lo más  $3/2$  del radio de acción del vibrador en el hormigón que se está compactando. Su repartición en planta, se hará avanzando según esquema regular y ordenado, que asegure que no quedarán zonas sin compactar. El tiempo de vibración se regulará de acuerdo a la trabajabilidad del hormigón y se prolongará hasta que empiece a aflorar superficialmente la lechada del hormigón.

Los vibradores de molde, se deberán utilizar para la compactación de revestimientos o de elementos prefabricados de hormigón, cuyo espesor sea inferior a 20 cm. Deberán tener una frecuencia superior a 8.000 rpm, una vez colocados en sitio y proporcionar una energía de compactación que esté en concordancia con el volumen y la consistencia del hormigón por compactar. Los vibradores superficiales (reglas vibratoras) deberán cumplir especificaciones similares a los vibradores de molde en cuanto a frecuencia y amplitud. Su uso estará limitado a elementos de un espesor máximo de 20 cm, a menos que el Contratista demuestre a la Inspección que puede producir una compactación efectiva con espesores mayores.

#### Bolones Desplazadores.

El uso de bolones desplazadores mayores de 15 cm en el interior del hormigón, deberá estar indicado en los Planos o en las Especificaciones Técnicas del Proyecto y será aplicable sólo en aquellas partes de la obra en que esté expresamente permitido.

#### Colocación en Sitios con Pendiente.

El hormigonado sobre superficies que presenten pendiente deberá hacerse comenzando la colocación desde el punto más bajo. La colocación de hormigón sin moldaje podrá hacerse hasta pendientes de  $\nabla$  (V/H), siempre que se tenga la precaución de utilizar un hormigón con un asentamiento de cono inferior a 5 cm.

#### **EG.4.4.7. Retiro de los Moldes.**

El retiro de los moldes usados para el hormigonado, deberá efectuarse en el mínimo plazo compatible con la seguridad del elemento, de manera de poder iniciar el curado y efectuar las reparaciones que sean necesarias lo antes posible. El plazo mínimo de retiro de los moldes y elementos de sustentación, dependerá del tipo, de elemento de que se trate y de la situación a que queda sometido al desmoldar.

#### **EG.4.4.8. Curado del Hormigón.**

El periodo mínimo de curado de los hormigones será de 14 días continuados. Este plazo podrá ser ampliado en circunstancias particulares, lo que será definido en los Planos o Especificaciones Técnicas del Proyecto.

El comienzo del curado de las superficies sin moldajes, deberá empezarse tan pronto como haya sido terminado el hormigonado del elemento y se observe la desaparición de la humedad superficial proveniente de la exudación del hormigón.

#### **EG 4.5. Tipo de Hormigones Recomendados.**

En las obras de riego se colocarán, en general, hormigones de diferentes resistencias, dependiendo de las exigencias de cada proyecto, como por ejemplo: H-5, H-20, H-25 y H-30. Cada hormigón será especificado y definido por el Proyectista. Sin perjuicio de eso, es posible aplicar los siguientes criterios en su aplicación:

**Tabla 3. Tipo de Hormigón Recomendado según**

| <b>Hormigón</b> | <b>Tipo de Obra</b>                                                                        |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>H-5</b>      | <b>Emplantillado</b>                                                                       |
| <b>H-20</b>     | <b>Cimientos o sobrecimientos</b>                                                          |
|                 | <b>Cadenetas</b>                                                                           |
|                 | <b>Pavimentos simples</b>                                                                  |
| <b>H-25</b>     | <b>Pavimentos</b>                                                                          |
|                 | <b>Vigas</b>                                                                               |
|                 | <b>Marcos</b>                                                                              |
|                 | <b>Losas</b>                                                                               |
|                 | <b>Muros de contención</b>                                                                 |
|                 | <b>Sobre cualquier elemento que tenga solicitudes de carga consideradas como normales.</b> |
| <b>H-30</b>     | <b>Muros de contención</b>                                                                 |
|                 | <b>Vigas de grandes luces</b>                                                              |
|                 | <b>Canoas</b>                                                                              |
|                 | <b>Paso de quebradas</b>                                                                   |
|                 | <b>Sifones de caudales mayores</b>                                                         |



## **EG 5. HORMIGÓN PROYECTADO.**

El Hormigón proyectado se define como el tipo de hormigón colocado por lanzamiento, a alta velocidad, sobre una superficie por cubrir, siendo capaz de auto soportarse sin escurrir ni desprenderse, en cualquier posición que sea aplicado.

Las presentes especificaciones se refieren al sostenimiento de cuerpo rocosos, mediante el cual se puede reforzar o soportar, tanto en obras subterráneas como exteriores, con el fin de asegurar su estabilidad. Se emplean en los casos de tratamientos de fallas, en reparación de estructuras de hormigón o como revestimiento definitivo.

En el caso de Hormigón proyectado a una superficie rocosa, se verificará que ésta sea lavada, previamente a la colocación del hormigón, con un chorro de agua o aire a presión.

La Inspección controlará que el espesor de cada capa de hormigón proyectado sea el especificado en los planos del Proyecto, el cual debe ser de 3 cm como mínimo. La resistencia mínima del hormigón debe ser la correspondiente al grado H 20. En caso que se especifique refuerzo con una o más mallas de acero soldado, éste debe ser de un mínimo de 4 mm, con un reticulado de 10 por 10 cm, o una malla equivalente. Se verificará que la malla haya quedado firmemente unida a la roca y que ha seguido lo mejor posible el contorno de la roca y que el traslapo, si es necesario sea como mínimo de 15 cm.

El acero de la malla debe ser de calidad A37 - 24 - ES.

Se verificará, además, que el hormigón proyectado lleve perforaciones de drenaje sistemáticas de un diámetro mínimo de 1", separadas cada 200 x 200 m., las que, en el caso de roca, deben penetrar 20 cm como mínimo.

La Inspección controlará que los materiales componentes del hormigón, tales como el cemento, el agua, los agregados pétreos y aceleradores de fraguado, cumplan las especificaciones correspondientes a las EG 4, Hormigón General -Materiales para el Hormigón.

Deberá controlarse que el hormigón, utilizado como elemento de sostenimiento, cumpla con los requisitos de resistencia a la compresión simple como sigue: a las 8 horas, 30 k/cm<sup>2</sup>; 1 día, 50 k/cm<sup>2</sup> y a los 7 días, 100 k/cm<sup>2</sup>, mediante ensayos establecidos en las Especificaciones Técnicas Generales.

Se controlará que durante el lanzamiento del hormigón, la boquilla de lanzamiento se mantenga aproximadamente perpendicular a la superficie de trabajo y a una distancia de alrededor de 1 m.

## **EG 6. HORMIGÓN FLUIDO Y EN GRANDES MASAS.**

### **EG 6.1. Hormigón Fluido.**

Se designa Hormigón Fluido aquel que obtiene su compactación exclusivamente por peso propio, sin necesidad de aporte externo de energía para este objeto. Su empleo se limita a casos en que no puedan producirse problemas causados por la retracción hidráulica y térmica del hormigón.

#### **EG.6.1.1. Moldaje.**

Debe controlarse que el moldaje utilizado tenga capacidad de soporte sin que se produzcan deformaciones excesivas y sea estanco, de modo que se evite la producción de filtraciones. Para cumplir con estas condiciones, la Inspección verificará que se emplee moldes de madera pudiendo ser madera terciada o machihembrada para su confección.

#### **EG.6.1.2. Características del Hormigón.**

En el estudio de las dosificaciones del tipo de hormigón, en adición a lo establecido en el Proyecto y las Especificaciones Técnicas Especiales, la Inspección deberá considerar como aspecto fundamental su segregación y dará las normas, en caso que no se hayan establecido.

#### **EG.6.1.3. Material para el Hormigón.**

Se verificará que el tamaño máximo del árido grueso no exceda de 19" y que la dosificación del hormigón incluya un aditivo plastificador.

La consistencia del hormigón se determinará mediante el fluidímetro, debiendo ser el tiempo de fluidez de unos 4 segundos.

#### **EG.6.1.4. Transporte y Colocación**

Para el transporte y colocación de este hormigón, sólo se permitirá el empleo de los siguientes elementos:

- Canaletas.
- Bomba de Pistones.
- Colocación Neumática.

Controlar que la velocidad de escurrimiento del hormigón en la canaleta, sea inferior a 3 m/s.

La colocación del hormigón empleando bombas de pistones y colocación neumática, se deberá analizar según los casos indicados en las Especificaciones Técnicas Generales.



#### **EG.6.1.5. Compactación.**

Verificar que esta operación, siempre sea ejecutada sin el empleo de vibradores.

#### **EG 6.2. Hormigonado en Grandes Masas.**

Se define como elementos en masa, todos aquellos cuya menor dimensión es superior a 2 metros, incluyendo los que posean una armadura en su perímetro.

Para este tipo de hormigones, se deberán aplicar todas las estipulaciones de Obras de Hormigón en las EG 4, Hormigón en General, salvo en lo que sea modificado en los Planos del Proyecto, en Especificaciones Técnicas Especiales para determinadas obras, o en las presentes especificaciones, las que primarán sobre ellas en el mismo orden indicado.

##### **EG.6.2.1. Materiales.**

Controlar que el cemento empleado cumpla con la condición de tener un moderado calor de hidratación, la que cumplen el Polpaico Especial, el Melón Especial y Bío-Bío Especial; para el uso de otras marcas se debe indicar expresamente, mediante especificaciones del fabricante que tiene un moderado calor de hidratación.

##### **EG.6.2.2. Agregados Pétreos.**

La Inspección controlará que la fracción de agregado grueso, de mayor dimensión, deberá tener el tamaño máximo posible sin exceder 6". El árido total no podrá tener un tamaño inferior a 1 °".

##### **EG.6.2.3. EG 6.2.3. Aditivos.**

Se verificará que no se usen aceleradores en este tipo de hormigones. En caso de ser necesaria su aplicación, la Inspección determinará las modalidades de uso.

##### **EG.6.2.4. Consistencia del Hormigón.**

La Inspección controlará que el asentamiento del hormigón, determinado para el material de tamaño inferior a 1 °", se limitará un valor máximo de 6 cm.

##### **EG.6.2.5. Colocación del Hormigón.**

Se verificará que el hormigón, en su momento de colocación, no tenga una temperatura superior a los 25° C.

La colocación podrá efectuarse por el sistema de escalones, siempre que el pie de la capa superior quede, por lo menos, a 50 cm del borde de la capa inmediatamente inferior y que el frente de avance del hormigonado incluya todo el ancho del elemento.

#### **EG.6.2.6. Velocidad de Colocación.**

Salvo que se especifique en otra forma en los planos del Proyecto o en las Especificaciones Técnicas Especiales, la Inspección verificará que el hormigonado se efectúe por etapas de un máximo de 2 metros de altura, la cual disminuirá a 50 cm, para la primera etapa que deba hormigonarse sobre roca u hormigón que tenga más de 60 días de edad.

Deberá controlarse que entre cada etapa de hormigonado transcurra un tiempo mínimo de un día por cada 50 cm de altura de la etapa. Este plazo podrá ser modificado a criterio de la Inspección, si las condiciones de colocación, en particular la temperatura ambiente, lo hagan necesario.

#### **EG.6.2.7. Refrigeración.**

En casos especiales, señalados en los planos del Proyecto o en las Especificaciones Técnicas Especiales, se exigirá la refrigeración del hormigón.

### **EG 7. COMPUERTAS.**

En estas especificaciones se definen las compuertas como dispositivos contruidos de madera o metal, para el manejo de los caudales de agua. Compuertas de distribución son las que se instalan en canales principales, secundarios y terciarios, las cuales usualmente se diseñan y construyen en talleres comerciales bajo control de calidad. Compuertas prediales son obras pequeñas para distribución del agua al interior del predio.

#### **EG 7.1. Compuertas de Distribución.**

Las distintas piezas de acero que conforman la compuerta, serán del tipo A37-24 ES.

Las soldaduras de unión entre las distintas piezas, serán del tipo AWS.6011, con un cordón de 3 mm.

El mecanismo de levante de la compuerta y las guías de deslizamiento (de bronce), se harán de acuerdo a las especificaciones del fabricante, las cuales se entregarán para aprobación del usuario y de la Inspección.

Todos los elementos que conforman la compuerta, deberán ser pintados de acuerdo a las siguientes indicaciones:



Previamente las piezas deberán limpiarse del óxido, con escobillas de acero y con diluyente. Se pintarán todas las piezas con dos manos de pintura ~~del tipo~~ anticorrosivo

A excepción del interior de las ranuras del marco de la compuerta, se pintarán todos los elementos con una mano de esmalte tipo alquídico.

Las guías de bronce no se pintarán. Estas guías se deberán colocar una vez que se hayan pintado y secado los elementos de la compuerta.

#### **EG 7.2. Compuertas de Entrega a Nivel Predial.**

Las distintas piezas de acero, que conforman la compuerta, serán del tipo ES A37-24 ES o A42-28 ES.

Las soldaduras de unión entre las distintas piezas, serán del tipo AWS.60U, cordón de 3 mm.

Todos los elementos que conforman la compuerta deberán ser pintados de acuerdo a las siguientes indicaciones:

Previamente las diversas piezas deberán limpiarse del óxido con escobillas de acero y con diluyente.

Se pintarán todas las piezas con dos manos de pintura del tipo anticorrosivo.

A excepción del interior de las ranuras del marco de la compuerta, se pintarán todos los elementos con una mano de esmalte tipo alquídico.

### **EG 8. FILTROS, GEOTEXTILES Y GEOMEMBRANAS.**

Los Filtros y Geotextiles, utilizados en obras de embalse, canales, drenes y otras, tienen por objeto evitar que se produzcan filtraciones o bien controlarlas, de modo que no haya arrastre de material (piping), a través de los materiales que atraviesa. Las Geomembranas se emplean de preferencia en tranques de noche, cubriendo los terraplenes y el embalse para impedir que haya filtraciones. Este material es económico, por tanto se puede emplear en forma masiva pero, en general, en este caso cumple sólo ese objetivo.

#### **EG 8.1. Filtros.**

Se denomina Filtro a una estructura compuesta de material grueso, dispuesto en capas sucesivas y de diversa granulometría, que permite controlar el escurrimiento de agua a través de su cuerpo, evitando que haya arrastre de material fino (piping).

La Inspección controlará que los filtros que se instalen en tranques, canales, obras de drenaje y otras que los requieran, cumplan con las siguientes condiciones:

$$5 < D_{15} \text{ del filtro} / D_{15} \text{ del material base} < 40$$

tal que, el filtro no contenga más de 5% de material más fino que 0,074 mm (malla Nº 200).

$$D_{15} \text{ del filtro} / D_{85} \text{ del material base} < 5$$

$$D_{85} \text{ del filtro} / \text{Abertura máxima del tubo de drenaje} > 2$$

La curva granulométrica del filtro, debe ser aproximadamente paralela a la del material de base.

$D_{15}$  y  $D_{85}$  son los tamaños a partir del cual el 15% y el 85% respectivamente del total de las partículas del suelo en peso, son menores.

Si es necesario emplear más de una capa de filtro, se sigue el mismo procedimiento, considerando, el filtro más fino como material base.

Es importante compactar el material del filtro a la misma densidad que la exigida para los materiales granulares empleados en tranques de tierra.

La construcción de un filtro precisa de una cuidadosa inspección durante su ejecución.

### **EG 8.2. Geotextiles.**

La Inspección controlará que en la colocación de los geotextiles se utilicen prácticas adecuadas de construcción.

Las especificaciones para el uso de los geotextiles son proporcionadas por el proveedor. En cualquier caso, el constructor deberá efectuar adecuadamente las siguientes operaciones:

- Nivelar y compactar el talud.
- Excavar zanjias de anclaje en el coronamiento y en la base del terraplén.
- Desenrollar el Geotextil en la dirección vertical del talud, traslapando los paneles adyacentes unos 10 cm como mínimo.
- Sujetar el Geotextil con clavos o grapas, en forma de U, cada 1 a 1,5 m.
- Rellenar y compactar las zanjias de anclaje.

En las tuberías de drenaje el Geotextil puede sustituir a los filtros, el cual, usualmente se emplea envolviendo dichos conductos e igualmente se emplea en canales para evitar las filtraciones.



### **EG 8.3. Geomembranas.**

La Inspección debe verificar que la colocación de las geomembranas se realice cumpliendo las especificaciones del proyecto y del fabricante.

## **EG 9. SISTEMA DE REPARACIÓN DE CANALES DE HORMIGÓN Y OTRAS OBRAS HIDRÁULICAS.**

El presente documento establece los sistemas de reparación para los tipos de daños más frecuentes que ocurren en canales y otras obras hidráulicas.

Para los distintos tipos de deterioro se establecen los sistemas de reparación aplicables y se describen los procedimientos haciendo referencia a especificaciones técnicas adjuntas, cuando corresponde.

Las modificaciones dadas en los distintos sistemas de reparación deben complementarse con la información correspondiente de las fichas técnicas de los productos involucrados.

### **EG 9.1. Tipos de deterioro.**

#### **EG.9.1.1. Grietas.**

Las causas más comunes de la aparición de grietas en el hormigón de obras hidráulicas, son la retracción hidráulica del hormigón, la retracción térmica y los asentamientos de terreno.

Para definir el sistema correcto de reparación de las grietas, debe confirmarse si la grieta está activa, como es el caso de aquellas con movimiento, debido a los cambios de temperatura ambientales, o si la grieta no está activa debido a que la causa del agrietamiento desapareció, como es el caso de las grietas por asentamiento o retracción hidráulica.

Si la grieta no es activa y además es necesario reparar estructuralmente el elemento agrietado, debe aplicarse el sistema de reparación por inyección de resina epóxica, como se indica en EG 9.2.1.

Si la grieta está activa, o sólo se requiere sellarla superficialmente para impedir el paso de agua a través de ella, debe ejecutarse el sistema de reparación elástico indicado en EG 9.2.2. o EG 9.2.3.

#### **EG.9.1.2. Erosión en la Superficie.**

El arrastre de material sólido, produce desgaste en la superficie del hormigón y la alta velocidad del agua puede producir cavitación. En dichos casos, se deteriora la superficie del hormigón.

Cuando el deterioro sea menor a 5 cm de espesor, debe aplicarse el sistema de reparación indicado en EG 9.2.4. Si el deterioro es mayor a 5 cm se debe aplicar el sistema indicado en EG 9.2.6.

Para grandes superficies es más conveniente aplicar el sistema de reparación con hormigón o mortero proyectado predosificado, indicado en EG 9.2.8.

Si la estructura está afectada por corrosión de armaduras, debe repararse de acuerdo a lo indicado en EG 9.2.9.

Si se requiere que el hormigón de reparación quede anclado a la estructura existente, el procedimiento a seguir para el anclaje debe ser lo indicado en EG 9.2.7.

#### **EG.9.1.3. Daños en Juntas.**

Las juntas de contracción y dilatación sufren deterioros en el material de sello y en los bordes de la junta, produciéndose filtraciones de agua.

La reparación debe considerar la reconstitución de los bordes, como se indica en EG 9.2.5. y el resellado de la junta con un sistema elástico, como se indica en EG 9.2.2. ó EG 9.2.3.

El sistema de lámina elástica indicada en EG 9.2.2. es más rápido y seguro de ejecutar, por cuanto no requiere retirar y limpiar el sello anterior y es menos sensible a la humedad del sustrato que la masilla elástica.

#### **EG.9.1.4. Asentamientos.**

Los asentamientos de terreno producen grietas y deformaciones en la estructura, que afectan el funcionamiento de la obra. En algunos casos, será necesario rehacer parte de la estructura.

Dependiendo del tipo de deterioro, debe realizarse la reparación correspondiente según se indica:

| <b>Tipo de deterioro</b>                                              | <b>Detalle reparación en punto:</b> |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Inyección de grietas</b>                                           | <b>9.2.1</b>                        |
| <b>Reparación superficial</b>                                         | <b>9.2.4</b>                        |
| <b>Reparación profunda</b>                                            | <b>9.2.6</b>                        |
| <b>Anclajes de armadura</b>                                           | <b>9.2.7</b>                        |
| <b>Reparación con hormigón o mortero proyectado</b>                   | <b>9.2.8</b>                        |
| <b>Reparación de estructuras afectadas por corrosión de armaduras</b> | <b>9.2.9</b>                        |

|                                                                        |               |
|------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Reparación de grandes zonas con<br/>filtración<br/>Generalizada</b> | <b>9.2.10</b> |
|------------------------------------------------------------------------|---------------|

#### **EG.9.1.5. Filtración Generalizada.**

Cuando la estructura de un canal está deteriorada, de tal manera que existe una filtración generalizada, resulta conveniente revestir el canal con un sistema impermeable aplicado en su superficie, que impida la filtración de agua. Para ello, debe aplicarse el sistema de lámina asfáltica indicado en EG 9.2.10. Asimismo, se analizará la posibilidad de emplear revestimientos de tierra, hormigón, y otros posibles.

### **EG 9.2. Sistemas de Reparación.**

#### **EG.9.2.1. Inyección de grietas con resina epóxica.**

La inyección de grietas debe realizarse con el producto Sikadur 52 o similar, de acuerdo a lo indicado en la Especificación Técnica **ETS 101**, Como alternativa, puede utilizarse un equipo de mezcla e inyección simultánea con el producto Sikadur 52 LV.

#### **EG.9.2.2. Sellado elástico de juntas y grietas con lámina Combiflex o similar.**

El sellado, tanto de juntas como de grietas, debe realizarse con el producto Sikadur Combiflex o similar, de acuerdo a lo indicado en la Especificación Técnica ETS 303. Si se requiere dejar la cinta oculta y protegida, aplicar una lámina de acero o un mortero de protección, como se indica en los esquemas de la ETS 303.

#### **EG.9.2.3. Sellado elástico de juntas y grietas con masilla elástica.**

Las grietas deben abrirse formando una cantería de aproximadamente 1 cm de ancho y una profundidad igual al doble para alojar un respaldo deformable de espuma de polietileno o similar. El sello debe quedar en una sección de aproximadamente 10 x 10 mm.

El sellado, tanto de juntas como grietas, debe realizarse con la masilla de poliuretano Sikaflex 1A Plus o similar, de acuerdo a lo indicado en la Especificación Técnica ETS310.

#### **EG.9.2.4. Reparación superficial con mortero predosificado con fibras.**

La reparación debe realizarse con el producto Sika Top 122 F o similar de acuerdo a lo indicado en la Especificación Técnica ETS 109.

#### **EG.9.2.5. Reparación de bordes de juntas.**

La reparación debe realizarse mediante la aplicación del mortero epóxico de reparación Sikadur PAV o similar, de acuerdo a la siguiente secuencia:

- Conformar un perímetro de forma regular en la superficie a reparar, mediante corte o picado y con espesor uniforme.
- Eliminar todo el hormigón deteriorado, mal adherido, contaminado o carbonatado, mediante picado hasta llegar a hormigón firme y sano.
- Limpiar la superficie con chorro de aire a presión, exento de aceite u otro sistema adecuado.
- La superficie a reparar debe encontrarse seca.
- Mezclar totalmente los contenidos de los envases del componente A (resina) y del componente B (endurecedor) del producto base (Sikadur 52 o similar) en el recipiente de mezclado, agitando en forma manual o mecánica durante 3 a 5 minutos aproximadamente, hasta obtener una mezcla homogénea. Entonces se agrega en forma lenta el componente C (Filler PAV) revolviendo cuidadosamente durante un tiempo mínimo de 2 minutos, hasta obtener una mezcla homogénea.
- Cuando esté preparado el mortero, éste debe ser aplicado antes de 30 minutos, tiempo que depende de las condiciones ambientales
- Sikadur PAV o similar debe ser restregado fuertemente sobre la base para obtener un íntimo contacto y asegurar la compactación de la primera capa. Esta aplicación se realiza mediante espátula o llana metálica, alisando y compactando al mismo tiempo. La terminación puede efectuarse con plato de madera o llana metálica, según sea la textura deseada.
- El espesor máximo que se puede aplicar en una capa, es de 4 cm para evitar contracciones térmicas.
- Cuando esté preparado el mortero, éste debe ser aplicado antes de 30 minutos, tiempo que depende de las condiciones ambientales.

- Las juntas deben extenderse a través del material de reconstitución, a través de un separador o mediante corte una vez endurecido el mortero y sellarse de acuerdo a lo especificado en EG 9.2.3. ó EG 9.2.2.

#### **EG.9.2.6. Reparaciones profundas.**

La reparación debe realizarse mediante hormigón confeccionado en forma tradicional o con un mortero predosificado y grava de 20 mm, de acuerdo a la siguiente secuencia:

- Conformar un perímetro de forma regular en la superficie a reparar, mediante corte o picado y de un espesor uniforme. Eliminar todo el hormigón deteriorado, mal adherido, contaminado o carbonatado mediante picado, hasta llegar a hormigón sano y firme.
- Aplicar el puente de adherencia Colma Fix 32 ó Sikadur 32 o similar en la superficie de la cavidad con brocha, rodillo o equipo tipo airless, a fin de asegurar la perfecta adherencia entre ambos hormigones. En todo caso, al colocarse el hormigón, el puente de adherencia debe encontrarse fresco o pegajoso al tacto.
- La composición del hormigón de relleno, debe ser tal, que asegure a lo menos las mismas resistencias al resto de la estructura. El tamaño máximo del árido, debe ser el mayor posible, compatible con las condiciones de buena colocación y el espesor a rellenar. El tamaño máximo debe ser menor o igual a 1/5 del espesor a rellenar. En caso de rellenos confinados, para contrarrestar retracciones del fraguado, se empleará el aditivo expansor Intraplast o similar, al 2% del peso del cemento. La fluidez del hormigón debe ser compatible con la facilidad de llenado, pudiendo corresponder a un asentamiento de cono entre 6 y 15 cm, sin segregación. Para asegurar fluidez y resistencia, se empleará el aditivo superplastificante Sikament FF 86 o similar, en dosis de 1% del peso del cemento. El hormigón deberá confeccionarse preferentemente mediante mezclado mecánico.
- Como alternativa al hormigón tradicional, se puede utilizar los morteros predosificados Sika Top 122 F ó Sikagrout 214 o similar mezclados con un 75% de su peso de grava de 10 mm ó 20 mm, según el espesor a rellenar.
- Para la compactación del hormigón, se emplearán vibradores de inmersión, salvo en aquellas cavidades en que el vibrador no puede penetrar.
- Debe cuidarse en forma especial el curado del hormigón de estas reparaciones, para lo cual se aplicará membrana de curado Antisol o Sikacure 116 o similar ó se mojará periódicamente el hormigón durante a lo menos 7 días.

#### **EG.9.2.7. Anclajes de armaduras.**

El anclaje debe realizarse con el producto Sikadur 31 o similar, de acuerdo a lo indicado en la Especificación Técnica ETS 117.

#### **EG.9.2.8. Reparación con hormigón o mortero proyectado predosificado.**

La reparación con hormigón o mortero proyectado, debe realizarse con el producto predosificado SikaShot o similar, de acuerdo a lo indicado en la Especificación Técnica ETS 112.

#### **EG.9.2.9. Reparación de estructuras afectadas por corrosión de armaduras.**

La reparación de estructuras afectadas por corrosión de armaduras, debe realizarse aplicando primero el anticorrosivo y puente de adherencia Sika Top Armatec 110 EC o similar, de acuerdo a lo indicado en la Especificación Técnica ETS 114. Posteriormente, el hormigón debe reconstituirse mediante cualquiera de los procedimientos indicados en EG 9.2.4, EG 9.2.6.ó EG 9.2.8., el que sea más conveniente para cada caso particular.

#### **EG.9.2.10. Recubrimiento con lámina asfáltica.**

El recubrimiento con lámina asfáltica, debe realizarse con la lámina asfáltica Sika 4R, la cual es una lámina pre-elaborada a base de asfaltos modificados con polímeros y reforzada con un poliéster en su parte central que le proporciona gran deformación frente a fuertes movimientos, como resistencia a cambios extremos de temperatura. Además, contempla un herbicida inhibidor del crecimiento de raíces y una terminación superficial de arena, que le permite responder con efectividad a los rayos solares.

El recubrimiento debe ejecutarse de acuerdo a la siguiente secuencia:

- La superficie del canal debe estar limpia, exenta de polvo, arena, aceites, grasa, desmoldante, etc., sin irregularidades pronunciadas que pueden dañar la membrana. Todos los cantos deben ser redondeados con un radio de 8 cm.
- Una vez limpia, seca uniforme la superficie de hormigón, se imprimirá con IGOL PRIMER o similar.
- Una vez seca la imprimación, se extenderán los rollos en el sentido transversal al canal, adhiriéndola por medio de soplete a la superficie de hormigón. Los siguientes rollos se colocarán en forma paralela al primero y con un traslapo entre sí de 10 cm, los que también serán termofusionados. Al fundirse el asfalto en el traslapo, éste debe ser distribuido por medio de

una plana hasta lograr una unión reforzada y uniforme, que no dé la posibilidad de filtración.

La membrana en la zona lateral del canal deberá quedar confinada a través de un retorno que se generará en la parte superior de cada una de las paredes, pasando por la zona superior y horizontal hasta llegar a las respectivas caras externas, donde también irá unida por medio de termofusión.

## **ESPECIFICACIONES ESPECIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Al inicio de este Manual se indicaron las Especificaciones Generales de Construcción (EG), que se aplican a cualquier tipo de obra y, en este numeral, se agregan disposiciones adicionales que corresponden solamente al contexto de estas Especificaciones Especiales (EE).

Estas Especificaciones Especiales se refieren principalmente a las siete tipologías de obras más frecuentes que se construyen por la Ley 18.450 de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje (LFR). En atención a que es imposible cubrir todas las tipologías posibles, sólo se han incluido las más frecuentes, a saber:

- EE1: Obras de Conducción
- EE2: Bocatomas y Defensas Fluviales
- EE3: Obras de Almacenamiento
- EE4: Captaciones Subterráneas y Elevaciones Mecánicas
- EE5: Riego Californiano
- EE6: Riegos Tecnificados Localizados
- EE7: Obras de Drenaje

En todo caso, la entera responsabilidad de las Especificaciones de Construcción, es del proyectista. Las recomendaciones incluidas aquí, sirven como auxiliar o complemento para facilitar su labor y para uniformar los criterios técnicos de construcción de las obras. En el caso de tipologías que no aparecen aquí, igualmente la responsabilidad de la especificación es del proyectista.

### **EE 1. OBRAS DE CONDUCCIÓN.**

#### **EE 1.1. Construcción de Canales sin Revestir.**

En estas especificaciones se describen las exigencias generales para la ejecución de canales sin revestimiento.

##### **EE 1.1.1. Trazado, Perfiles Longitudinales y Transversales.**

Salvo que las especificaciones Técnicas Especiales o la Inspección indiquen otra cosa, deberán respetarse las siguientes tolerancias:

- a) El eje longitudinal del canal que define el trazado en planta de éste, no deberá apartarse del teórico en más de 20 cm en las zonas rectas y 50 cm en las curvas.
- b) Las cotas de radier del canal, que definen el perfil longitudinal de éste, no deberán apartarse en más de 1 cm del especificado. Se aceptarán sobreexcavaciones de hasta 5 cm, siempre que estas irregularidades no afecten más de 50 m de radier del canal.
- c) Las líneas que definen el perfil transversal del canal, una vez terminado éste, no deberán apartarse más de 5 cm de las líneas indicadas en los planos. En el caso de excavaciones en roca, se aceptarán desviaciones locales no superiores a 20 cm de la línea teórica. En todo caso, la superficie transversal al canal, deberá tener un área igual o superior a la teórica del proyecto.

#### **EE 1.1.2. Preparación de la Faja.**

Antes de comenzar el movimiento de tierras, en algún sector del canal, se ejecutarán todas las operaciones necesarias para el despeje de la faja que se ocupará. Estos trabajos incluirán labores tales como: roce, corta de árboles, descepe, limpieza, demoliciones, reubicación de caminos, cercas.

Dicho trabajo comprenderá un ancho igual al necesario para alojar el canal incluyendo cortes, terraplenes y camino de borde.

Posteriormente se procederá a escarpar el área donde se apoyarán los terraplenes o el camino de borde y aquellas áreas donde se ejecutarán excavaciones, cuyos materiales se ocuparán en la ejecución de rellenos.

#### **EE 1.1.3. Excavaciones.**

Todas las excavaciones deberán hacerse de acuerdo a lo indicado en el párrafo sobre Excavaciones Abiertas. Los cortes deberán quedar de acuerdo a lo indicado en los planos. Los que no estén especificados, deberán ser siempre más tendidos que los siguientes:

|                |                               |
|----------------|-------------------------------|
| Roca           | 1 : 3 (Horizontal : Vertical) |
| Material común | 1 : 1 (Horizontal : Vertical) |

Estas especificaciones no se aplicarán cuando se trate de excavaciones que se abran sólo para la construcción de la obra, y que posteriormente se rellenen. En este caso debe desarrollarse lo indicado en la norma Nch 349 of. 1999 "Prescripciones de Seguridad en Excavaciones":

Salvo que las especificaciones Técnicas Especiales lo indiquen en otra forma, las excavaciones se ejecutarán en dos etapas. En la primera de ellas, se realizarán las excavaciones de la mesa del canal y en la segunda etapa, se ejecutarán las de su cuneta.

#### Excavaciones de la Mesa del Canal.

Se entenderá por mesa del canal, la zona de terreno natural, ubicada a la cota del eje hidráulico, más la revancha del canal. Las excavaciones se realizarán de acuerdo a lo especificado en los planos del proyecto y en la EG 3, sobre Excavaciones Abiertas.

Los materiales que se obtengan de la excavación, se depositarán en el costado a valle del canal, ensanchando la mesa hasta en 5 m, con pendiente de 5% hacia el canal. El resto del material que no se emplee en terraplenes, se colocará a partir de un metro del borde del canal, para formar un camino de 5 m de ancho, taludes 1,5:1, a ambos lados y hasta un metro de altura. El material que aún se encontrare sobrante, se destinará a terraplenes o se llevará a botadero, de acuerdo con lo expuesto en la EG 3, sobre Excavaciones Abiertas.

#### Excavación de la Cuneta del Canal.

La cuneta del canal corresponde a la sección por donde escurrirá el agua, incluida la revancha. Los materiales provenientes de la excavación, completarán lo indicado para los materiales provenientes de la excavación de la mesa, pero en caso de terreno plano, podrán utilizarse ambos costados del canal para el camino hasta 5 m.

No se aceptará abrir ventanas de trabajo bajo el eje hidráulico del canal. En caso de autorizarse eventualmente la abertura de una de estas ventanas, el cierre de ellas se hará con un muro de hormigón o de albañilería, de acuerdo a las instrucciones de la inspección.

#### Terraplenes.

En caso que el proyecto especifique terraplenes, éstos deberán construirse empleando de preferencia las excavaciones provenientes de la mesa y de la cuneta del canal, siempre que este material sea apto para tal estructura.

Los materiales deberán colocarse en capas de no más de 20 cm de espesor, eliminando de ellas toda piedra mayor de  $\frac{2}{3}$  del espesor de la capa, las que se regarán y compactarán con equipo adecuado para obtener una densidad seca, igual o superior al 95% de la densidad máxima seca obtenida en el laboratorio de ensayo, definido por la norma Proctor Standard.



## **EE 1.2. Construcción de Canales con Revestimientos de Tierra, de Hormigón y Albañilerías.**

En aquellos aspectos no contenidos en estas especificaciones, serán válidas las Especificaciones Generales EG, señaladas anteriormente. En especial la EG 4. Hormigón en General.

### **EE 1.2.1. Topografía, Movimiento de Tierras, Drenajes.**

#### Tolerancias topográficas.

Se aplican las indicadas en la especificación EE 1.1. Construcción de Canales sin Revestir.

#### Excavaciones.

Para la preparación de la faja, excavaciones de la mesa y cuneta del canal, se seguirán las especificaciones para las excavaciones de canales sin revestimiento, indicadas en EE 1.1.

#### Excavación Final.

Esta excavación se podrá iniciar una vez terminados los terraplenes que forman parte de la cuneta del canal e inmediatamente antes de colocar el revestimiento del canal. Ella deberá hacerse en forma manual, sin alterar el suelo natural quede sin remover.

#### Rellenos.

Deberán hacerse siguiendo la EG 3., Obras de Movimiento de Tierras. Se utilizarán de preferencia los materiales provenientes de las excavaciones para la mesa y cuneta, a menos que no cumplan con las Especificaciones del Proyecto.

#### Drenajes del Revestimiento.

En las zonas del canal en que haya dificultades para un buen drenaje de las aguas que filtren del revestimiento, y de las aguas exteriores al canal, deberá construirse un sistema de drenaje que evite subpresiones de agua por detrás del revestimiento.

### **EE 1.2.2. Revestimientos de Tierra.**

Los materiales empleados en el revestimiento, estando constituidos principalmente por materiales finos y parte de grava, se deberán colocar en capas de un grueso tal, que el espesor máximo de una capa compactada quede de unos 15 cm.

La Inspección deberá controlar que los materiales finos compactados cumplan con la condición de que su Límite Líquido quede comprendido entre 25% y 35% y un índice de Plasticidad mayor del 20%. Además deben controlar que las pruebas que se hagan en la zona de taludes, para verificar el grado de compactación y grado de homogeneidad de los materiales compactados, se ejecuten en lugares apartados unos 60 cm del paramento mojado.

En el Anexo 1, Obra de Conducción, párrafos sobre Revestimiento, se dan a conocer Recomendaciones de Diseño para Revestimientos en Tierra, los cuales contienen antecedentes de interés para la Inspección de este tipo de obra.

### **EE 1.2.3. Revestimientos de Hormigón.**

El revestimiento del canal se apoyará, según esté indicado en los planos del Proyecto sobre el sistema de filtros, terrenos naturales, o rellenos compactados.

En cualquiera de estos casos, los 30 cm superiores de estos suelos, deberán tener una densidad seca superior al 90% de la densidad máxima seca obtenida en laboratorio, mediante el ensayo definido por la ASTM D-698 (Proctor Standard) o una densidad relativa superior al 60% según se trate de suelos cohesivos o granulares, respectivamente.

Si el suelo no posee la densidad indicada, deberá compactarse hasta conseguirla o en su defecto, proceder a reemplazar el material.

En general, los taludes de los canales revestidos fluctúan entre: 1 y 2:1 Horizontal/ Vertical.

#### Condiciones del Hormigonado.

- a) *Hormigonado con Molde Fijo.* El hormigón deberá ser dosificado según lo siguiente:
  - Tamaño máximo árido grueso : 1 0"
  - Asentamiento de cono : 8 más menos 2 cm
  - Mínimo de cemento: 270 Kg/m<sup>3</sup>
- b) *Hormigonado con Molde Deslizante en el sentido del talud.* El hormigón deberá ser dosificado según lo siguiente:
  - Tamaño máximo árido grueso : 1 0 "
  - Asentamiento de cono : 5 más menos 1 cm.
  - Mínimo de cemento : 300 Kg/m<sup>3</sup>
- c) *Hormigonado con Molde Deslizante en el sentido longitudinal.* En el caso que el proyecto considere esta alternativa, el Constructor deberá presentar a la Inspección Fiscal las Especificaciones de Proyecto, con la debida

anticipación, para realizar esta faena con todos los detalles para la preparación, colocación, compactación y curado de los hormigones.

- d) *Revestimiento mediante Hormigón Proyectado.* Este tipo de revestimiento se podrá utilizar solamente cuando esté explícitamente establecido en el Proyecto. En ese caso, su aplicación se registrará por la EG 5.Hormigón Proyectado.
- e) *Revestimientos mediante Elementos Prefabricados.* Para la utilización de este tipo de revestimientos deben existir las Especificaciones del Proyecto. En todo caso, deberá cumplir las siguientes reglas generales:
- Los elementos prefabricados deberán ser de dimensiones estables, con una tolerancia de más menos 1 cm de las dimensiones establecidas en el Proyecto.
  - Las terminaciones de las caras, superior e inferior de los elementos prefabricados, deberán cumplir con especificado en la Tabla 6.

**Tabla 6. Terminaciones de las caras de elementos prefabricados.**

|                                                   | Tipo de irregularidad | ad          |
|---------------------------------------------------|-----------------------|-------------|
|                                                   | Progresiva (mm/0,5)   | Brusca (mm) |
| <b>Cara superior (en contacto con el agua)</b>    | 3                     | 1           |
| <b>Cara inferior (en contacto con el terreno)</b> | 6                     | 3           |

- Una vez en sitio los elementos prefabricados y efectuados los rellenos de hormigón en sitio que se definan en los planos del Proyecto, el revestimiento del canal deberá cumplir con las tolerancias que se definan para ese objeto.

El vibrado se hará según lo indicado en EG 4.4.6. Colocación del Hormigón.

#### **EE 1.2.4. Control del Hormigón y Tolerancias de las Terminaciones del Revestimiento.**

Serán las indicadas en la EG 4, Hormigón en General.

#### **EE 1.2.5. Revestimientos de Albañilería de Piedra.**

##### Materiales.

La piedra deberá tener una dimensión variable entre 20 y 30 cm medidos en tres dimensiones ortogonales. Por lo menos tres de sus caras deben ser más o menos planas: la inferior, la superior y la frontal.

El mortero utilizado debe cumplir en cuanto a la calidad de sus componentes con la EG 4, Hormigón en General y con las disposiciones sobre mortero para albañilería del Instituto del Cemento y del Hormigón. Las proporciones en volumen de cemento: arena, serán de 1:3.

#### Características de las Albañilerías.

Los bloques irán dispuestos por hiladas, bien trabados, y el espesor del mortero de unión será el mínimo posible, pero no inferior a 3 cm. La superficie expuesta al agua y al aire de estas uniones debe emboquillarse con el mortero, a fin de dejarla lo más plana posible.

La albañilería debe recubrir los taludes desde 30 cm bajo el radier del canal y su coronamiento se hará con una capa de mortero, antes especificado, de 30 cm de espesor.

### **EE 1.3. Obras de Arte.**

Este numeral se aplica a las siguientes obras: canoas, cruces de camino y ferrocarril, sifones, vertederos de rebalse, desarenadores, marcos partidores y obras de distribución y aforo en general. Todas estas obras requieren de una inspección especialmente esmerada porque los materiales dominantes son el hormigón y el acero, y son de una mayor complejidad que otras.

Deben tenerse en cuenta las Especificaciones Generales EG que correspondan y deben existir Especificaciones del Proyecto, que deben ser conocidas por la Inspección y aplicadas por el constructor.

#### **EE 1.3.1. Fundaciones.**

Controlar que el suelo de fundación sea apto para soportar las solicitaciones, de los machones o pilas de apoyo. En el caso que esta condición no se cumpla, la Inspección deberá suspender las faenas respectivas y ordenar su reanudación, previa aprobación de modificaciones propuestas por el autor del Proyecto.

#### Embudos de entrada y salida.

Controlar que las transiciones de los embudos sea realizado de acuerdo con lo especificado en los planos, especificaciones generales y especiales, e igualmente la colocación del hormigón y la enfierradura.

#### Obras de hormigón.

La Inspección controlará que se construya de acuerdo a los planos y especificaciones. Los tipos, composición, vaciado y otros tratamientos atinentes a los hormigones, deben cumplir con las especificaciones EG 4. y con las especificaciones del Proyecto.

La Inspección debe controlar que los sifones se construyan de acuerdo a los planos del proyecto y sus especificaciones. Estas obras son complejas cuando se trata de sifones que deben estar sometidos a cargas y por lo tanto, contruidos de hormigón armado en sitio o bien de acero. En este caso, la inspección debe definirse con precisión, ya que puede ser necesario disponer de inspecciones permanentes en terreno, o bien controles o ensayos especiales.

La inspección controlará que la construcción del vertedero se ajuste a los diseños indicados en los planos verificando, principalmente las siguientes obras:

- *Umbral y Canal de Descarga.* La Inspección debe verificar que los acordamientos entre el umbral y el canal de descarga sean los indicados en los planos y que se coloquen barras de anclaje de fierro, del canal con las fundaciones, en caso que haya posibilidad de subpresiones.
- *Disipador de Energía.* En el caso de un disipador, tipo salto de ski, la Inspección debe controlar esta obra, que es terminal del canal de descarga y la zona de caída del agua, donde podrían producirse erosiones peligrosas.

En los marcos partidores debe controlarse que la punta partidora, generalmente de fierro, tenga las dimensiones y el espesor de la lámina, y las boqueras, si se incluyen en el proyecto, estén colocados en las condiciones indicadas en los planos.

También deberá controlarse topográficamente la ubicación del marco partidor, con respecto a las cotas de los canales, sean de entrada o salida, condiciones importantes para el funcionamiento adecuado de dicho dispositivo.

## **EE 2. BOCATOMAS Y DEFENSAS FLUVIALES.**

### **EE 2.1. Bocatomas.**

#### **EE 2.1.1. Toma de enrocados**

Esta obra se compone de una barrera de enrocados que obstruye un curso natural de agua y que opera como vertedero.

En caso que sea un proyecto de esta naturaleza, las etapas que debe tener en cuenta la Inspección para controlar en este tipo de barrera son:

- Una pantalla de hormigón armado, pared moldeada o una estructura que cumpla esta función, cuya profundidad alcance hasta la roca o suelo impermeable en el lecho del estero o río.
- Capas de enrocado de transición, ubicado aguas arriba de la pantalla y capas de enrocado-vertedero, aguas debajo de la pantalla, con un talud bajo, 1/10 ó similar.



#### **EE 2.1.2. Toma rústica**

Generalmente son las denominadas “patas de cabra” o similares. Debe inspeccionarse el canal de aducción, el canal de servicio y los controles, compuertas de admisión y compuertas de descarga.

#### **EE 2.1.3. Enrocados de protección de la bocatoma**

En el Anexo 2, se incluyen recomendaciones sobre las características de los enrocados de protección.

### **EE 2.2. Defensas Fluviales.**

La inspección de las obras de Defensas Fluviales construidas con Gaviones, Enrocados y Muros de Sostenimientos, se dan a conocer a continuación:

#### **EE 2.2.1. Gaviones.**

Excavaciones. Verificar que las excavaciones y el suelo de apoyo de los gaviones estén de acuerdo al EG 3.

Topografía. Verificar la existencia de Puntos de Referencia materializados con monolitos de hormigón instalados en roca, o bien en suelos indeformables. La Inspección no autorizará la iniciación de las obras si la red de P.R. es insuficiente, conduce a errores de ubicación o están instalados en suelos inestables. Se podrá autorizar su inicio una vez que se hayan hecho las rectificaciones necesarias para resolver tal anomalía.

Malla Metálica. Controlar que las dimensiones de la escuadría de la malla y el alambre que la forma, sean las especificadas en los planos e igualmente la calidad, sección y tratamiento para su conservación en el tiempo.

Dimensión. Montaje y Armado. Verificar las dimensiones de los gaviones, sus divisiones interiores y de la escuadría de las mallas. Así mismo, los componentes plegados que vienen de fábrica. También la Inspección controlará el armado y amarrado de las aristas, incluyendo los compartimientos internos de los gaviones, para formar cajas sin tapa. Se verificará que la unión de los gaviones se haga amarrando las aristas verticales contiguas.

Relleno. La Inspección deberá controlar que las piedras que se empleen tengan las características de calidad, tamaño, forma y peso específico indicadas en los planos.

Costura. Verificar que, una vez efectuado el relleno de los gaviones, se ha procedido a cerrarlos, amarrando las tapas, las aristas superiores y las divisiones internas.

Filtro. La Inspección debe verificar que el filtro ha sido hecho con la granulometría y composición del suelo grueso que corresponda, según las normas.

### **EE 2.2.2. Enrocados.**

Excavaciones. Verificar que las excavaciones y el suelo de apoyo de los enrocados están de acuerdo a las especificaciones y los planos del Proyecto.

Calidad de la Roca. La Inspección debe controlar que la roca empleada sea la indicada en los planos y procederá a rechazar el material que no cumpla con la condición de ser denso, sano, resistente al desgaste, desprovisto de sales solubles y estar libre de fisuras, grietas y otros defectos que puedan contribuir a su destrucción como son el agua y las heladas. La Inspección autorizará que se reinicie la faena de enrocado, una vez que se hayan cumplido los requisitos exigidos.

Peso del Enrocado. Debe verificarse por la Inspección. El peso de las piedras del enrocado debe ser suficiente para resistir el oleaje producido por el viento y el escurrimiento irregular del agua, el cual es independiente de la altura de la ribera.

Filtro. La Inspección debe verificar que el filtro ha sido hecho con la granulometría y composición del suelo grueso que corresponda, según las normas.

### **EE 2.2.3. Muros de Sostenimiento.**

Los muros de sostenimiento, como defensas fluviales, se emplean en ocasiones circunstanciales y en zonas específicas, donde se encuentran condiciones para su construcción. Una dificultad importante es el suelo de fundación de estas estructuras, ya que, en los cursos naturales de agua, la roca o subsuelo firme subyace bajo una carpeta potente de material inestable.

El espesor del enrocado debe ser suficiente para dar cabida a las piedras de peso y tamaño necesarios para resistir el oleaje. El Bureau of Reclamation considera que un enrocado de unos 90 cm de espesor, colocado al voleo, es generalmente más económico y satisfactorio para presas mayores. Se usan espesores menores en presas bajas.

La forma de las piedras individuales o de los trozos de roca, tiene influencia en la capacidad del enrocado para resistir su desplazamiento producido por el oleaje. En la Tabla 7 se dan a conocer los Espesores y Granulometría.

**Tabla 7. Características del Enrocado de Protección para Talud 3 :1 (H : V)**

| <b>Espesor<br/>M</b> | <b>Granulometría, porcentaje de piedras de diferentes pesos (en k)</b> |                                              |                          |                                         |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|
|                      | <b>Tamaño<br/>Máximo</b>                                               | <b>Cuando menos<br/>el<br/>25% mayor que</b> | <b>45 a 75%<br/>de a</b> | <b>No más del<br/>25% mayor<br/>que</b> |
| <b>0,45</b>          | <b>450</b>                                                             | <b>140</b>                                   | <b>4- 140</b>            | <b>4</b>                                |
| <b>0,60</b>          | <b>670</b>                                                             | <b>275</b>                                   | <b>14-275</b>            | <b>14</b>                               |
| <b>0,80</b>          | <b>1.200</b>                                                           | <b>460</b>                                   | <b>23 - 460</b>          | <b>23</b>                               |
| <b>0,90</b>          | <b>2.300</b>                                                           | <b>910</b>                                   | <b>45-910</b>            | <b>45</b>                               |

Para taludes 2:1, el espesor debe aumentarse en unos 15 cm, excepción hecha para el espesor de 90 cm.

Debe colocarse una carpeta de grava graduada, de apoyo del enrocado, cuando exista el peligro que el material fino subyacente escape entre la roca y produzca asentamientos.

Los muros, que pueden ser de hormigón gravitacional o armado, se inspeccionan como sigue:

- Fundaciones. La Inspección verificará que el suelo de fundación esté de acuerdo a lo especificado en los planos, o sea que tenga una capacidad de soporte suficiente para servir de apoyo a la estructura de defensa, de modo que no sufra agrietamiento o asentamientos.
- Muro gravitacional. La Inspección controlará que esta estructura de albañilería de piedra u hormigón simple se construya de acuerdo a los planos del Proyecto.

En albañilerías de tierra, que empleen bolones desplazadores, se verificará que el porcentaje de éstos no sea superior al 20%.

Deberá verificarse que las enfierraduras que se empleen sean las indicadas en los planos y que su recubrimiento corresponda al de las estructuras en contacto con el agua. Controlar la construcción de las barbacanas.

- Muro de hormigón armado. La Inspección controlará que este tipo de muro, que consiste en una pantalla de hormigón armado que trabaja en consola sea construida de acuerdo con los planos, lo cual incluye la revisión de los espesores y enfierradura del hormigón. Controlar la construcción de barbacanas.
- Zapata. Los diferentes tipos de muro se apoyan en una zapata, continua o individual, que transmite las fuerzas a las fundaciones. Controlar que la zapata tenga las dimensiones indicadas en los planos.

- Calidad del hormigón. Se deben cumplir las exigencias de las Especificaciones del Proyecto, o en subsidio las indicadas en la EG 4, Hormigón en General, en cuanto a los materiales y procedimientos que deben realizarse.

### **EE 3. OBRAS DE ALMACENAMIENTO.**

#### **EE 3.1. Fundaciones y Rellenos.**

##### **EE 3.1.1. Fundaciones.**

La Inspección controlará que las excavaciones se ejecuten de acuerdo a los planos del Proyecto, dando cumplimiento a las presentes exigencias y las normas, recomendaciones y especificaciones.

Las excavaciones se desarrollarán de manera que no perturben el terreno natural, útil para las obras, y la estabilidad de los taludes resultantes de las faenas. También, se tomarán los resguardos necesarios para evitar que se dañen obras o instalaciones vecinas.

Las excavaciones se efectuarán retirando toda clase de material vegetal y del suelo hasta obtener una fundación estable y apta para el apoyo de las obras. El suelo debe quedar seco. En caso que haya exceso de humedad, deberán efectuarse los trabajos de drenaje pertinentes.

Además, se controlará, con certificados de laboratorio, que las zonas de empréstito contengan los materiales que, según el proyecto son aptos y en cantidad suficiente para los terraplenes del tranque y los áridos para la preparación de hormigones y de botaderos de material de desechos. En fundaciones permeables, la Inspección debe controlar que se haya hecho los tratamientos necesarios para evitar que se produzcan filtraciones, verificando si el proyecto ha considerado tal situación empleando Carpetas Impermeables, Filtros, Geotextil y otros. En caso de emplear endientados de fundación, se debe controlar si éstos alcanzan hasta el suelo impermeable o si son parciales.

##### **EE 3.1.2. Rellenos o Terraplenes.**

La Inspección deberá controlar, antes de iniciar la faena de rellenos, las condiciones en que se encuentra el suelo de fundación y autorizará los trabajos de relleno, una vez que se cumplan los requisitos siguientes:

- La fundación debe estar limpia de materiales de desechos proveniente de otras obras.
- Debe estar libre de materias orgánicas y similares no aptas para fundar. Que la excavación alcance hasta el nivel especificado en el proyecto.



- El suelo debe estar seco.
- El material de fundación debe tener una densidad óptima.

El suelo de relleno, empleado en los terraplenes, debe ser el indicado en los planos ensayos de laboratorio.

Se controlará que la fundación sea regada y compactada, de modo que haya ligazón con el relleno y que se coloquen en capas horizontales del espesor indicado en los planos, aceptándose un máximo de 30 cm, antes de compactar. Los rellenos se deberán distribuir de modo que el espesor de cada capa sea constante y que el material quede repartido en forma homogénea, libre de bolsones de suelos gruesos o finos. La distribución se deberá hacer en dirección paralela al eje de presa y en capas horizontales. Los materiales de relleno deben ser regados antes de proceder a su compactación. Además, la Inspección exigirá que se efectúe una compactación adecuada, verificando, mediante certificados de laboratorio de ensayos Proctor de densidad óptima del material seco. Estos ensayos se efectuarán cada 5.000 metros cúbicos de rellenos efectuados y en los casos que la Inspección lo estime pertinente.

Los terraplenes deben ser colocados de modo que al fin de la compactación se obtenga una superficie, en lo posible, a nivel.

### **EE 3.1.3. Control de Calidad de los Rellenos.**

Para el control de calidad de los rellenos, se emplearán los siguientes procedimientos estandarizados:

**Tabla 8. Ensayos de Control de Calidad**

| <b>Ensayo</b>                                | <b>Normas</b>                  |
|----------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Granulometría.</b>                        | <b>ASTM D-422</b>              |
| <b>Límite Líquido.</b>                       | <b>ASTM D-423</b>              |
| <b>Límite Plástico.</b>                      | <b>ASTM D-424</b>              |
| <b>Peso Específico Partículas.</b>           | <b>ASTM D-854 y ASTM D-127</b> |
| <b>Humedad.</b>                              | <b>ASTMD-2216</b>              |
| <b>Proctor Standard.</b>                     | <b>ASTM D-698</b>              |
| <b>Densidad Relativa (tamaño máximo 3")-</b> | <b>ASTM D-2049</b>             |
| <b>Densidad en sitio y humedad.</b>          | <b>ASTM D-1556</b>             |

En caso de que un Proyecto consulte la colocación de una zona de material no cohesivo, su compacidad se debe medir a través de su Densidad Relativa. Estos rellenos se deberán compactar hasta alcanzar una densidad relativa superior al 80%. La densidad relativa se determina por la fórmula siguiente:

$$Dr = (e_{\text{máx}} - e) * 100 / (e_{\text{máx}} - e_{\text{mín}})$$

en que:

Dr = densidad relativa.

$e_{\text{máx}}$  = índice de huecos máximo que puede alcanzar el material en laboratorio,

$e_{\text{mín}}$  = índice de huecos mínimo que puede alcanzar el material en laboratorio.

$e$  = índice de huecos del material en el relleno.

#### Protección del Talud de Aguas Arriba y de Aguas Abajo.

Los enrocados tienen por objeto proteger el talud de aguas arriba, de la erosión producida por el oleaje debido al viento y el talud de aguas abajo de la erosión producida por la precipitación.

La Inspección controlará que los enrocados sean los especificados en los planos y que se coloquen en capas horizontales, verificando los taludes, el espesor de la capa, peso máximo y los diferentes tamaños de la roca utilizada.

También se controlará que el tratamiento, para proteger el talud de aguas abajo, corresponda al especificado en el Proyecto. En caso que no se haya hecho esta provisión, la Inspección solicitará la especificación al autor del Proyecto.



### **EE 3.2. Obras de Toma.**

#### **EE 3.2.1. Estructura de Toma y Control.**

Estas estructuras pueden ser: Torre de Toma, Torre de Toma Ahogada y Obra de Toma Ahogada.

La Inspección controlará que las obras que se ejecuten sean las indicadas en los planos del Proyecto.

Excavaciones. Se efectuarán las excavaciones de modo que el suelo quede apto para soportar las estructuras solicitantes, siguiendo la EG 3.1, Excavaciones.

Hormigones. Los hormigones deberán cumplir con la EG 4, Hormigón en General.

#### **EE 3.2.2. Tubería de Aducción.**

La tubería de aducción es una de las obras terminales de las de toma. Generalmente, en los proyectos de la LFR, estas tuberías se diseñan enterradas, ya sea incorporadas en el cuerpo del terraplén del tranque o bien en fundaciones bajo el terraplén. En estas especificaciones se considera que los túneles son obras complejas. La tubería enterrada debe soportar esfuerzos que permitan movimientos y asentamientos sin que se produzcan asentamientos ni filtraciones excesivas. La Inspección controlará que se cumplan los siguientes factores, para obtener una estructura segura:

- El tratamiento del terraplén o fundación impermeables, debe ser suficiente para evitar o disminuir las filtraciones a lo largo de las superficies de contacto. El Proyecto debe incluir detalles destinados a evitar el agrietamiento de la estructura que pueden producir filtraciones peligrosas.
- Tratar las fundaciones a fin de reducir al mínimo los asentamientos, que son causantes de las grietas y, por tanto, de las filtraciones.
- Construir una estructura que pueda soportar con seguridad las cargas a las que pueda estar sometido el acueducto.

Cualquiera que sea la estructura de la fundación de la tubería, la Inspección debe controlar que las obras se construyan de acuerdo a los planos del proyecto, especialmente que el contacto de la tubería con el terreno sea estanco y que no haya huecos o zonas sin consolidar.

El agua, que la tubería de aducción entrega para riego, se controla, según el caso, con válvulas y/o compuertas, que deben cumplir con la EG 7.



## **EE 4. CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS Y ELEVACIONES MECÁNICAS.**

### **EE 4.1. Captaciones Subterráneas.**

#### **EE 4.1.1. Verificaciones Preliminares.**

La Inspección debe fiscalizar que se trata de un proyecto de obras nuevas. En caso de cumplimiento de esta condición, procedería autorizar la iniciación de las faenas pertinentes.

En la construcción de un pozo de agua subterránea deben controlarse, principalmente, las siguientes obras y actividades:

#### **EE 4.1.2. Perforaciones**

El diámetro y profundidad del pozo deben corresponder a las especificaciones del proyecto.

#### **EE 4.1.3. Desarrollo del Pozo.**

Se debe controlar la colocación de la entubación, que es la colocación de una tubería con ranuras espaciadas, de modo que la cañería permita la extracción del agua. Otra actividad que es necesario controlar, es el engravillado, que consiste en rellenar el hueco habido entre la tubería y la perforación. Estos filtros deben estar constituidos por material granular, ripio y arena, dispuestas por capas, de modo que dejen pasar el agua e impidan el arrastre de material fino. Podría utilizarse un filtro, cuya estructura se da a conocer en Anexo 4. Por último, se lleva a cabo la operación de limpieza del pozo, que consiste en extraer el material fino, que podría obstruir o reducir el caudal posible de obtener.

#### **EE 4.1.4. Prueba de Bombeo.**

La Inspección debe verificar que esta prueba es satisfactoria, mediante visitas de observación, en el terreno y examinando los datos obtenidos de la prueba, proporcionados por el usuario.

#### **EE 4.1.5. Derecho de Aprovechamiento.**

Este derecho es proporcionado por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas (DGA), institución que lo otorga, una vez que se haya efectuado la prueba de bombeo y cumplido con otros requisitos legales pertinentes. La Inspección controlará que este trámite sea llevado hasta su terminación.



#### **EE 4.2. Elevación Mecánica.**

Debe verificarse que el usuario dispone de derecho de aprovechamiento. La Inspección de un proyecto de Elevación Mecánica, podría comprender un conjunto de obras ya analizadas en este informe, a saber, una bocatoma, obras de control, división del agua, desarenadores y diversos otros hasta llegar al estanque, de alimentación de los equipos de bombeo. Según sean las partes de este Proyecto, deben seguirse las recomendaciones de las EG pertinentes y de las especificaciones del Proyecto.

### **EE 5. RIEGO CALIFORNIANO.**

#### **EE 5.1. Obra de Toma.**

Debe controlarse que esta obra se ejecute de acuerdo con las especificaciones de las obras de arte EE 1.3., e igualmente las rejillas o elementos diseñados para impedir la entrada de vegetación o material que pueda obstruir la tubería. En caso que el proyecto no haya incluido esta disposición, la Inspección verificará la conveniencia de su instalación.

#### **EE 5.2. Desarenador.**

Verificar que esta obra, ubicada a continuación de la obra de toma, se ejecute de acuerdo a las EE 1., observando la zona de decantación, el rápido de descarga de sedimentos y las compuertas de descarga.

#### **EE 5.3. Tubería de Conducción y de Distribución.**

Estas tuberías deben tener el diámetro, el material -ya sea de hormigón, cemento comprimido, PVC u otras- e igualmente los acoplamientos especificados en los planos del Proyecto.

#### **EE 5.4. Cámaras Reguladoras de Presión.**

La Inspección debe controlar la construcción de estas obras de arte y su apoyo en el suelo de fundación e igualmente la instalación de las válvulas reguladoras y asentamientos, y anexos de las tuberías en las cámaras.

#### **EE 5.5. Campanas de Distribución, Válvulas y Compuertas.**

La Inspección verificará la construcción de estos dispositivos de las campanas y las diferentes conexiones con las tuberías de conducción, incluyendo los dispositivos de alimentación, válvulas de entrega de agua y otros.

## **EE 6. RIEGOS TECNIFICADOS LOCALIZADOS.**

### **EE 6.1. Riego por Aspersión.**

#### **EE 6.1.1. Puntos de Referencia y Replanteos.**

Conforme a EG 2 verificar que se hayan instalados PR suficientes y estables, de modo que permitan controlar la construcción de las obras en cuanto a medidas horizontales y verticales.

La Inspección debe verificar que el replanteo de las obras se haya hecho de acuerdo al Proyecto y, en caso que aquél no sea apropiado, podría suspender la iniciación de las obras.

#### **EE 6.1.2. Excavaciones y Desechos.**

Conforme a EG 3. y EG 9. Controlar que estos trabajos se ejecuten de acuerdo con los planos y permisos, si es el caso. Se verificará que los desechos se depositen en lugares que no obstruyan las obras, caminos y/o destruyan o produzcan perjuicios en la vegetación de entorno o recreación.

#### **EE 6.1.3. Estanque de Impulsión.**

Es una obra de arte, de provisión de agua, cuya inspección se ha tratado como tal anteriormente en la especificación EE 1.

#### **EE 6.1.4. Casa de Máquinas, Equipos de Bombeo, de Control y Manejo.**

Debe inspeccionarse la construcción de la Casa de Máquina, en lo relativo a las fundaciones de apoyo, su estructura, ya sea de muros y elementos resistentes y que se haya construido, de acuerdo a los planos del Proyecto.

También deben controlarse los Equipos de Bombeo, en cuanto a su capacidad de impulsión y la provisión de energía para su funcionamiento y otros implementos necesarios para proporcionar fertilizantes, de Control y Manejo del sistema.

#### **EE 6.1.5. Tuberías y elementos de Conexión y Servicio.**

La Inspección de las obras debe controlar que las tuberías, ya sean principales, secundarias y de servicio, tengan las secciones y sean de la calidad especificada en los planos. Igualmente, es necesario verificar los elementos de conexión, de las diversas tuberías y que las de servicio sean acopladas a las distancias requeridas.



#### **EE 6.1.6. Presión necesaria de disponer en tuberías.**

Los equipos de bombeo deben alimentar las tuberías de modo que éstas dispongan de la presión necesaria para proporcionar un caudal y presión al agua, necesarias para el riego de cultivos, de acuerdo a las especificaciones del Proyecto. Se controlará la presión en diversos puntos alimentados por el sistema.

#### **EE 6.1.7. Disposición de Aspersores en área de riego.**

Debe controlarse que sean los especificados en el Proyecto.

### **EE 6.2. Riego por Goteo.**

#### **EE 6.2.1. Topografía.**

Según EG 2., controlar que se han instalado puntos de referencia PR necesarios para la ubicación de las obras. Igualmente, se verificará que se han efectuado los replanteos, de acuerdo a lo establecido en el Proyecto.

#### **EE 6.2.2. Obra de Toma.**

Debe controlarse que esta obra se ejecute con las normas respectivas, verificando que se han colocado rejillas o elementos diseñados para impedir la entrada de material vegetal y otros que puedan obstruir la operación del equipo de bombeo.

#### **EE 6.2.3. Decantador.**

En caso que el proyecto incluya un desarenador para atrapar material de arrastre de la corriente derivada, verificar las obras de la zona de decantación y el rápido de descarga de sedimentos y las compuertas de descarga.

#### **EE 6.2.4. Casa de Máquinas.**

Verificar que su construcción se efectúe de acuerdo con los planos del Proyecto, la calidad del hormigón del radier, fundaciones, pilares y vigas. Verificar los anclajes de los equipos de bombeo, la fijación de filtros y depósitos de fertilizantes. Controlar los circuitos de la instalación eléctrica.

#### **EE 6.2.5. Unidad de Bombeo.**

El diseño de la unidad de bombeo debería especificar tipos, capacidades y clase de equipos. Debe verificarse que estas entidades se han implementado de acuerdo al proyecto en construcción.



#### **EE 6.2.6. Cabezal de Control**

Esta unidad, integrada por diversos elementos especializados, ejecuta acciones de control, regulación, filtraje y dosificación. Estas operaciones son de trascendencia e importancia, por lo cual debe controlarse que se cumplan los rangos de trabajo de cada una de las variables indicadas, para el funcionamiento adecuado del sistema.

#### **EE 6.2.7. Tablero de Programación de Riego.**

Verificar que esta unidad esté implementada con los dispositivos para llevar a cabo la programación del riego de cultivos. A este respecto, debe comprobarse la sectorización del riego y que se dispone de las válvulas necesarias y aptas para su activación. Observar en el terreno, que estas operaciones se cumplan de acuerdo al Proyecto.

#### **EE 6.2.8. Tuberías.**

La Inspección debe verificar que la tubería principal, secundaria y de distribución lateral, que principalmente comprende el sistema de tuberías, tengan los diámetros y la clase de material y los diversos elementos de acoplamiento, especificados en el Proyecto. Comprobar que en la tubería de distribución sean instalados los goteros, a las distancias establecidas y con los respectivos elementos de fijación.

#### **EE 6.2.9. Válvulas.**

El sistema de riego por goteo requiere de un conjunto de válvulas y elementos anexos, el cual debe ser controlado por la Inspección, a fin de que esos equipos se ajusten a las especificadas en los planos y, además, cumplan con los objetivos de retención, corte, regulación de la presión y otros.

#### **EE 6.2.10. Goteros.**

Controlar que estos elementos son los especificados y que se encuentran ubicados a las distancias establecidas en los planos. Además, verificar mediante aforos que el caudal que estos goteros proporcionan a los cultivos, corresponde a los especificados en el Proyecto.

### **EE 7. OBRAS DE DRENAJE.**

Las obras deberán construirse, de acuerdo a los planos y especificaciones del Proyecto. El drenaje de suelos puede efectuarse por medio de acueductos abiertos o cerrados, con salida gravitacional o forzada. Se dan a conocer a continuación las actividades que es preciso controlar.



### **EE 7.1. Topografía.**

Debe seguirse la EG 2. Se llama la atención sobre lo siguiente:

- Verificar la existencia de Puntos de Referencia, materializados con monolitos de hormigón instalados en roca, o bien en suelos indeformables.
- La Inspección no autorizará la iniciación de las obras si la red de PR es insuficiente, conduce a errores de ubicación, o estén instalados en suelos inestables. Se podrá autorizar su inicio una vez que se hayan hecho las rectificaciones necesarias para resolver tal anomalía.

### **EE 7.2. Excavaciones.**

Verificar que las excavaciones se ajustan, principalmente en cuanto la sección y profundidad necesarios para efectuar el drenaje estudiado. Aplicar la EE 1., Canales sin Revestir.

### **EE 7.3. Canales.**

Controlar que los canales que se construyan (interceptores, evacuadores y otros), cumplan la misma finalidad y los mismos requisitos dados a conocer en EE 1.1.

### **EE 7.4. Tubería.**

La tubería empleada en el proyecto puede estar constituida por unidades prefabricada de hormigón, de polietileno, PVC, fibro cemento y otros similares. La Inspección controlará que estos elementos cumplan las condiciones especificadas por el Proyecto y por el fabricante,

#### **EE 7.4.1. Tubería de Polietileno, PVC o similar.**

- Tipo y diámetro de la tubería empleada y las perforaciones que debe tener.
- Cama de apoyo de la tubería. El suelo de apoyo de la tubería debe ser estable y seco.
- Rellenos. Controlar, primero, que la tubería sea cubierta por un Filtro, Geotextil o dispositivo similar y posteriormente rellenar el suelo.
- Filtros. Granulometría y condiciones que deben cumplir los materiales granulares que lo componen
- Geotextil. Material que, en calidad de filtro, envuelve la tubería.

#### **EE 7.4.2. Tubería de Fibro Cemento o similar.**

- Preparación del suelo de apoyo. Controlar que el suelo de apoyo de la tubería sea estable o firme, como son la arena, limos o arcillas normalmente húmedas, Drenar el suelo pantanoso.
- Condición de apoyo de la tubería y las uniones, controlar que la tubería se apoye uniformemente en toda su longitud y que las uniones se apoyen en estructuras construidas ad-hoc.
- Relleno de Tubería. Verificar que el relleno se haga en forma gradual y con el material adecuado.
- Filtro, Geotextil y otros. Son similares a las normas correspondientes a los tubos de polietileno, exigida para los materiales granulares empleados en tranques de tierra. La construcción de un futro precisa de una cuidadosa inspección durante su ejecución.

#### **EE 7.4.3. Geotextiles y Filtros.**

La instalación del Geotextil en un talud, requiere que la Inspección controle las siguientes operaciones fundamentales:

- Nivelación y compactación del talud
- Excavación de zanjas de anclaje en el coronamiento y en la base del terraplén.
- Desenrollado del Geotextil en la dirección vertical del talud, traslapando los paneles adyacentes, unos 10 cm como mínimo.
- Sujeción del Geotextil con clavos o grapas.
- Relleno y compactado de las zanjas de anclaje.

Control de la instalación de filtros, según Especificaciones Generales EG 8.

#### **EE 7.5. Obras Terminales.**

Controlar que estas obras se ejecuten conforme a lo especificado en los planos y que se cumplan las normas sobre construcción de obras de hormigón, según la EG 4., Hormigón en General.

#### **EE 7.6. Materiales de Desechos**

Controlar que el suelo sobrante sea llevado a los botaderos indicados en los planos, c igualmente las materias vegetales que no ha sido posible o encontrado inconveniente quemar.



## **ANEXOS CON INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA.**

### **ANEXO 1. OBRAS DE CONDUCCIÓN. Recomendaciones de Diseño.**

En general, las obras de conducción corresponden a *canales* sin revestir; con revestimiento simple o de hormigón armado; con revestimiento de hormigón prefabricado y canales de albañilería de piedra y sus *obras de arte*. Entre estas últimas, se encuentran los cruces de caminos y de ferrocarril, canoas, sifones y vertederos de rebalse, los cuales conducen agua escurriendo bajo la acción de la gravedad. Las tuberías pueden operar, ya sea como canal, o acueductos en presión. También se incluyen en este párrafo los desarenadores, los marcos partidores y las compuertas para el reparto de las aguas.

#### **A.1.1. Canales sin revestir.**

##### **A.1.1.1. Investigaciones Preliminares.**

Las actividades más importantes, que son necesarias de considerar en el estudio de un canal, son las siguientes:

Es necesario hacer una recopilación de antecedentes topográficos y cartográficos, relativos al proyecto en estudio. También, procede que se hagan visitas al terreno, con el objeto de verificar las condiciones de toma del canal (bocatoma), las posibilidades de trazado, materiales encontrados y otras materias de interés al estudio.

Una vez agotadas las investigaciones preliminares y definido el trazado del canal, debería iniciarse la elaboración del proyecto, el cual comprende trabajos de terreno, de gabinete, reconocimientos del suelo y otras variables concomitantes.

##### **A.1.1.2. Elaboración del Proyecto.**

###### Trabajos de Terreno.

Estos comprenden trabajos topográficos e investigación de suelos. En primer lugar, deben nivelarse una red de puntos de referencia (PR). Estos quedarán materializados mediante monolitos de hormigón.

Se efectuará un levantamiento de la faja taquimétrica, con un ancho suficiente que permita ubicar en un plano de planta con curvas de nivel, en lo posible de metro en metro, detalles de interés tales como los PR, las alternativas de solución de trazado de canal, pozos de reconocimiento, obras de arte, toponimia general y otros atinentes al proyecto. También se efectuarán levantamientos de obras de arte, para fines específicos, a escalas según el caso. En el plano de planta, de las alternativas analizadas, se proyectará el eje rojo del canal, indicando el kilometraje respectivo y detalles del trazado de rectas y curvas.

Se excavarán pozos de reconocimiento, clasificando los materiales encontrados según su dureza, permeabilidad y estabilidad, y efectuarán ensayos de laboratorio de ellos.

#### Trabajos de Gabinete.

En gabinete se lleva a cabo, basándose en las investigaciones y trabajos realizados, el estudio y los respectivos diseños de las obras. Se determina el eje definitivo del proyecto. El diseño del canal, debe incluir un estudio de las condiciones que deben cumplirse, a saber: velocidad, rugosidad, radio de curvas, pendientes, taludes y otros. También, el proyecto debe indicar el lugar de depósito de los materiales provenientes de las excavaciones y otras fuentes, y de las rutas para la construcción de las obras.

En el caso de un canal en terraplén, será necesario especificar los taludes empleados, rellenos y revestimientos, pudiendo ser éstos de hormigón fluido, de albañilería de piedra, o de elementos prefabricados.

También, por razones económicas, se han empleado revestimientos de tierra compactada que consisten en colocar una carpeta de este material, debidamente seleccionado, sobre el talud y base del canal, que presentan condiciones de™ permeabilidad indeseables.

Se distinguen dos clases de revestimientos, en cuanto a su espesor, como se da a conocer a continuación:

#### Revestimientos Gruesos.

El mejor material de revestimiento es una arcilla estable volumétricamente, o sea, que no se expanda al saturarse y, además, que se mezcle con una proporción adecuada de material granular (20% a 4%). También puede emplearse el limo, suelo que, al compactarse, es impermeable, sin embargo, presenta poca resistencia a la erosión.

Los canales con revestimientos de tierra compactada, se diseñan en iguales condiciones que un canal de tierra, en cuanto a secciones, coeficientes de rugosidad y otros.

Se recomienda el empleo de los siguientes espesores mínimos en los rellenos de revestimientos de tierra compactada (Tabla 9).

**Tabla 9. Espesores Mínimos de Rellenos**

| <b>Altura Máxima<br/>(m)</b> | <b>Espesor Base Canal<br/>(m)</b> | <b>Espesor Horizontal<br/>Taludes (m)</b> |
|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Menor de 0,60</b>         | <b>0,30</b>                       | <b>1,00</b>                               |
| <b>Entre 0,60 y 1,20</b>     | <b>0,45</b>                       | <b>1,20</b>                               |
| <b>Entre 1,20 y 1,80</b>     | <b>0,60</b>                       | <b>1,80</b>                               |
| <b>Mayor de 1,80</b>         | <b>0,60</b>                       | <b>2,50</b>                               |

Revestimientos Delgados,

Estos revestimientos, de 30 cm órnenos, se utilizan a veces en virtud que su costo es bajo y pueden colocarse con rapidez. Sin embargo, el defecto más común observado en este tipo de revestimiento es la pérdida, con el tiempo, de su cualidad de impermeabilizante, debido al lavado de la superficie de contacto con el agua. Igualmente, el equipo de limpia del canal puede dañar o destruir el delgado revestimiento.

Generalmente, los canales de tierra se diseñan de modo que el agua escurra a velocidades que no produzcan erosiones en su estructura. Sin embargo, ha sido materia de preocupación la necesidad de efectuar estudios afinados que permitan diseñar secciones estables de un canal.

En estudios realizados en el Laboratorio Hidráulico del U.S. Bureau of Reclamation, se ha definido como "Canal Estable", un canal de tierra, el cual no se erosiona ni sedimenta, variables que son materia de investigación.

Cuando escurre agua en un canal, se desarrolla una fuerza que actúa en la dirección del flujo, la cual es simplemente el empuje de agua sobre el perímetro mojado, y conocida como fuerza tractiva (tractive force, shear force o drag force). En un escurrimiento uniforme, esta fuerza es aparentemente igual a la efectiva componente de la fuerza de gravedad, actuando sobre el cuerpo de agua.

Se han hecho muchas experiencias sobre la distribución de la fuerza tractiva en una sección de canal, sin obtener resultados prácticos de fácil aplicación.

Uno de estos estudios postula que, desde el punto de vista de la estabilidad de los canales, hay tres clases de ellos, a saber:

- Canales cuyos taludes y/o lechos son erosionados, sin que haya depósito de materiales perjudiciales.
- Canales que se sedimentan sin erosionarse.

- Canales que se erosionan y sedimentan.

Puede presentarse el primer caso de inestabilidad sólo cuando el agua que escurre no transporta sedimentos. Sin embargo, puede llevar una carga de sedimento producido por las erosiones, en cuyo caso no debería considerarse libre de sedimentos. El primer caso de inestabilidad (erosión sin depósito de material), también puede producirse cuando el agua lleva sedimentos en pequeña cantidad.

El segundo caso de inestabilidad (sedimento sin erosión) puede ocurrir solamente en el caso que el agua lleve sedimentos, o sea producto de la erosión del canal, en zonas lejanas de aguas arriba. El caso corriente es el de un canal revestido o excavado en material resistente a la erosión, en el cual gran cantidad de material granular viene en el agua.

El tercer caso de inestabilidad generalmente ocurre cuando el canal, cuyos taludes y fondo están excavados en material de baja resistencia a la erosión, se alimenta con agua que contiene gran cantidad de material granular.

#### **A.1.2. Revestimientos de Hormigón.**

Usualmente, los canales se construyen de tierra y, posteriormente, si se considera necesario, se revisten para obtener un mejor escurrimiento, con filtraciones reducidas. El revestimiento consiste en la colocación de un recubrimiento de hormigón sobre el talud del canal. El diseño del revestimiento debe especificar la preparación de la cara del talud que será hormigonada, espesor del recubrimiento, calidad del hormigón empleado, moldajes, juntas de dilatación, juntas de contracción y varios otros necesarios para obtener un buen revestimiento.

#### **A.1.3. Revestimientos de Hormigón Prefabricado.**

Son losetas de Hormigón Simple u Hormigón Armado, elaboradas in situ o adquiridas en el comercio, que se colocan sobre el talud del canal. El diseño del revestimiento, debe especificar el tipo de loseta que se empleará.

Es preciso que el proyecto dé a conocer el tamaño, espesor, tipo de hormigón y la malla de encerradura de las losetas. Se deberán especificar las siguientes operaciones para su fabricación:

- Madera empleada y dimensiones.
- Especificar la malla de fierro.
- Espesor de las capas de llenado de hormigón y vibrado.
- Especificar el procedimiento de curado del hormigón. En los procedimientos normales se evita la exposición de las losetas al sol.
- Procedimiento de fraguado y desmoldaje.
- Almacenaje de las losetas.



- Pérdida de losetas.

Las losetas que se adquieren en el comercio, se fabrican de acuerdo a las especificaciones que correspondan al proyecto. Las losetas precisan de un cuidadoso transporte, pues la experiencia ha demostrado que la destrucción de este material, es un ítem importante durante su conducción a la faena de construcción de las obras. El proyecto debe precisar las pérdidas de losetas.

La colocación de las losetas se especificará, teniendo presente las operaciones de preparación del talud y radier del canal. Además, se debe definir el espacio de separación de las losetas y su relleno de empotramiento. Especificar el material elástico de relleno entre losetas.

#### **A.1.4. Revestimientos de Albañilería de Piedra o Mampostería.**

Las especificaciones técnicas de estos revestimientos, deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Definir el peso específico de los bolones empleados. \* Los bolones deben ser limpios, duros y durables, resistentes al agua y a los agentes atmosféricos.
- Evitar el uso de bolones con planos de falla, porosos, fracturados con fallas físicas, o que presenten señales de meteorización.
- Relación entre la dimensión mayor y menor de cada bolón.
- Dimensiones de los bolones empleados, deben tener por lo menos tres caras más o menos planas.
- Largo y ancho de los bolones expuestos a la corriente.
- Mortero empleado.
- Penetración de los bolones en el radier del canal.
- Revestimiento del coronamiento del canal.

Para la colocación de la albañilería de piedra, deben seguirse las siguientes especificaciones:

- Tratamiento del talud y de los bolones antes de su colocación.
- Los bolones deben quedar debidamente apoyados.
- Espesor mínimo del mortero de unión entre bolones. Tolerancia a sobresalir de los bolones expuestos a la corriente.
- Temperatura mínima de colocación de los bolones.
- Tolerancia de la mampostería de piedra a sobresalir en su parte más alta en un perfil transversal.

#### **A.1.5. Canoas.**

Se denomina canoa a una estructura del tipo puente - acueducto, destinada a cruzar cursos naturales de agua, pasos de accidentes naturales o solución a problemas puntuales. Estas obras, usualmente se construyen de hormigón armado, pudiendo ser de fierro o madera.

Las canoas que cruzan cursos naturales de agua, merecen una especial atención, pues los caudales que escurren en estos casos, pueden ser muy altos y de gran peligrosidad, especialmente para las poblaciones existentes de aguas abajo, en caso de colapso de la obra.

Para el proyecto de las canoas, se tomará en consideración las siguientes recomendaciones:

- Las pérdidas de carga de entrada y salida, se calcularán de acuerdo a normas y procedimientos establecidos.
- Estudiar el eje hidráulico en la canoa. En caso que se considere ventajoso el régimen de torrente, debe justificarse tal decisión. No se aceptará escurrimientos en régimen crítico.

En el cálculo estructural de las canoas, se podrán seguir las siguientes recomendaciones:

- Las canoas pueden ser calculadas como estructuras isostáticas. Las canoas de hormigón deben ser estancas, por lo tanto, deben calcularse considerando la condición de hormigón fase uno y con una carga de agua hasta su borde superior, la cual incluye la revancha.
- Calcular el esfuerzo sísmico, considerando las solicitaciones del peso del agua y la canoa en el sentido transversal y en sentido longitudinal sólo el de la canoa.
- Verificar el cizalle, para el efecto sísmico, de los apoyos y las articulaciones. Según sea el material de la canoa, debe materializarse los apoyos, con diseño aceptado por la práctica, ya sea que se trate de un apoyo rotulado, deslizante, o empotrado.
- Suponer que una carga adicional, de unos 300 kg aplicada en el centro de la luz, solicitará la estructura. Esta condición, se fundamenta en que se instale un entablado, para el paso de peatones sobre la canoa.
- En canoas metálicas, aumentar en 2 mm el espesor de las planchas, determinado por las solicitaciones de las estructuras. Además, especificar pinturas antióxidos y períodos de aplicación.
- En canoas metálicas, la flecha debe ser inferior al 10% de la flecha considerada en el proyecto.
- En canoas de madera, especificar la clase de madera utilizada, el número de clavos, pernos necesarios y el calafateo proyectado.

- La canoa debe proyectarse de modo que las transiciones con el canal no sean solidarias con dicha estructura, y que se especifique en detalle el sistema de estanqueidad de las uniones, entre la canoa y las transiciones
- Los estribos y pilas deben fundarse en terreno firme y en el proyecto se indicará la clase del terreno de fundación y la fatiga empleada en los cálculos.
- Excavar calicatas en cada estribo y pila. Incluir en los cálculos de la canoa el resultado de esta investigación.

Los acordamientos de los embudos de entrada y salida de la canoa, deben diseñarse de acuerdo al resultado, de los estudios del eje hidráulico

El diseño de canoas, que no precisen cruzar cauces naturales, puede efectuarse con normas más elementales, debiendo efectuarse las justificaciones según el caso.

#### **A.1.6. Cruce de Caminos y de Ferrocarril.**

Estas son obras de arte, usualmente canales cubiertos y sifones bajo las calzadas de caminos y de líneas de ferrocarril, cuyo proyecto y ejecución, deben ser aprobados por la Dirección de Vialidad del MOP y de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado, respectivamente.

Esas obras de arte, generalmente son canales tapados y sifones, construidos bajo las calzadas de caminos y de líneas de ferrocarril y se distinguen de sus similares, en cuanto a su diseño, que deben cumplir las normas acerca del tren de cargas y de la inspección de construcción.

#### **A.1.7. Sifones.**

Se denomina sifón a un acueducto cerrado que funciona a presión y que permite conducir agua que se encuentra en un nivel alto hacia uno más bajo. Esta solución se emplea cuando es necesario cruzar zonas difíciles de salvar en forma económica. Entre los accidentes de terreno, en que a menudo se usan sifones, se encuentran los cursos naturales de agua, la topografía del terreno, calles y otros.

Los sifones, en su aspecto más general, comprenden una cámara de entrada, uno de salida y una tubería de aducción. Es común que estos acueductos, de forma circular o cuadrada, se construyan de hormigón armado o de fierro, según sea el resultado de un estudio económico de ambas soluciones. También en ciertas condiciones, por ejemplo en el cruce de una calle, se emplean tuberías prefabricadas.

Los sifones, que normalmente incluyen los proyectos presentados a los diversos Concursos de la Ley de Fomento al Riego (LFR), están constituidos principalmente por tuberías prefabricadas, ya sea de PVC, Polietileno, Fibrocemento u otras similares.

También por la LFR, se han construido sifones de tecnología compleja, por lo cual se precisa, en este caso, tanto de un estudio como de una inspección ad hoc.

El cálculo hidráulico de los sifones se efectuará, teniendo presente las siguientes recomendaciones de carácter general:

- Las pérdidas de carga en las cámaras de entrada, salida y de frotamiento, se calcularán de acuerdo a las normas y procedimientos vigentes, o bien, empleando métodos conocidos y estandarizados, debiendo quedar explicitado en el proyecto el sistema empleado.
- Los sifones deben diseñarse con velocidades altas superiores a 2,5 m/s. En el caso que sea necesario aceptar velocidades más bajas, se adoptará precauciones especiales que eliminen el sedimento antes de entrar en la tubería como desarenadores, decantadores, etc.

- En todos los casos, debe considerarse la posibilidad de usar decantadores, a fin de atrapar el sedimento en suspensión, o arrastre en el agua y evitar que se depositen o que erosionen el sifón.
- El cálculo estructural debe considerar, principalmente, que el hormigón debe trabajar en fase 1, o sea, no roto y que la enfierradura tenga un recubrimiento mínimo de unos 5 cm, alejado de la cara en contacto con el agua.
- Especificar la longitud de los tramos de hormigonado, basado en la estimación de la contracción del fraguado, producido durante la construcción de la obra.

#### **A.1.8. Vertederos de Rebalse.**

Esta obra, usualmente construida de hormigón armado, referida a una de embalse, tiene por objeto evacuar el exceso de agua, proveniente de la cuenca hidrográfica respectiva, cuyo volumen supera la capacidad de almacenamiento del embalse.

También se podría aplicar al caso de un canal en que se precise vaciar agua de un nivel alto a uno más bajo, considerando que hay escurrimiento torrencial.

Hay diversas condiciones de funcionamiento de un vertedero. En el presente estudio, se supone que el vertedero funciona libremente, sin compuertas, dispone de obras y dissipador de energía, cuyos diseños se encuentran definidos.

Un vertedero se compone de las siguientes obras: Umbral, Canal de Descarga y Dissipador de Energía.

- a) Umbral.** Se han hecho diversos estudios y ensayos de laboratorio de secciones convenientes de umbral, en los cuales se ha procurado que la lámina vertiente se adhiera al parámetro del perfil, evitando el acceso de aire a la cara inferior de la lámina. El umbral puede ser de caída libre, o sea de pared vertical. En este caso, deben estudiarse los embudos de entrada a la fosa y de salida al canal de servicio.
- b) Canal de Descarga.** Este canal, generalmente de sección rectangular, con régimen de escurrimiento torrencial, es la continuación del umbral, con el debido acordamiento, de modo que el eje hidráulico se desarrolle como una solución de continuidad. Debe estudiarse el eje hidráulico, a fin de dimensionar el canal y disponer de la información para diseñar el dissipador de energía.
- c) Dissipador de Energía.** El canal de descarga, por su naturaleza, va provisto de energía que es necesario disipar, para evitar erosiones peligrosas del terreno de aguas abajo. El diseño del dissipador de energía, o colchón dissipador de energía, como el llamado usualmente, está debidamente estudiado, ya sea analíticamente, como con ensayos de laboratorio y el modelo empleado se determina mediante el estudio de la energía del agua. Otro tipo de obra que se emplea, es el dissipador denominado Salto de Ski, el cual se diseña, en el caso en que el suelo de aguas



abajo sea resistente al impacto del cuerpo y no se erosione. Esta es la obra terminal del canal de descarga.

#### **A.1.9. Desarenadores.**

Los desarenadores son obras de arte que tienen por objeto atrapar partículas sólidas, que en canales escurren ya sea en suspensión, o como arrastre de fondo, y que pueden ser fuentes de obstrucción en obras de aguas abajo. Estas obras son necesarias en tranques de noche los cuales son abastecidos por canales, generalmente portadores de material sedimentario. También se emplean en los accesos a sifones, para evitar la entrada de materiales granular y finos, que podrían obstruir y/o erosionar la tubería. Las obras principales que componen un desarenador son un decantador, donde quedan depositadas las partículas mencionadas, un rápido de descarga de alta velocidad y obras anexas, especialmente compuertas de control.

#### **A.1.10. Marcos Partidores.**

Los marcos partidores son obras de arte, construidas en canales, que tienen por objeto dividir un caudal en partes proporcionales a los derechos de los usuarios del respectivo canal. El principio de funcionamiento de este dispositivo se fundamenta en que, en la zona de partición, haya escurrimiento crítico, a fin de obtener igualdad de velocidad en la sección. Esta situación puede alcanzarse con cualquiera de las siguientes obras: una estructura de barrera, una de estrechamiento o una de resalto. La partición del agua se materializa mediante una plancha de acero, denominada *punta partidora*, cuyo espesor debería tener como mínimo 4 mm. Cuando es necesario distribuir un caudal pequeño en comparación con otros normales, se usan dispositivos denominados boqueras. A veces, los usuarios acondicionan el marco partidor a fin de que su distribución sea variable. Esta solución, se puede ver en diversos marcos partidores del Sistema de Canales de Distribución del Embalse Digna, siendo aceptada por los usuarios.

Los marcos partidores son de funcionamiento continuo y no requieren personal para su operación. El caso mencionado es una excepción.

### **ANEXO 2. BOCATOMAS Y DEFENSAS PLUVIALES. Recomendaciones de Diseño.**

#### **A.2.1. Bocatomas.**

Se define como bocatoma a un conjunto de obras que permiten derivar agua de una fuente natural o artificial. Estas obras presentan condiciones de alta complejidad, especialmente cuando deben construirse para extraer agua de los cursos naturales, pues éstos en épocas de precipitaciones importantes, escurren con caudales no previstos en el diseño de las obras. En efecto, por razones económicas, los proyectos se llevan a cabo considerando períodos de retorno de caudales inferiores a los que realmente se producen en ocasiones extraordinarias.

Es usual que, en la zona central de Chile, las bocatomas presentan dificultades de diversa naturaleza, dependiendo de las condiciones del lecho de los esteros o ríos y de la precipitación. Generalmente se emplea, en calidad de toma, las denominadas "Patatas de Cabra", dispositivo compuesto principalmente de madera y piedras que se instala en el lecho de la corriente, para desviar el agua hacia canales rústicos de conducción y de éstos, al canal de riego. Hay tomas que alimentan directamente estos canales,

A menudo, se tiene conocimiento de bocatomas destruidas por efecto de estas crecidas. Se han diseñado diversos tipos de bocatomas, estando su mayor parte construidas con obras precarias de acercamiento, ubicadas en un lecho del curso natural, seguidas de obras definitivas en la entrega a los canales. La experiencia ha demostrado que la construcción de una bocatoma provista de una barrera a lo largo del cauce del río o estero, precisa de un acucioso estudio para garantizar una duración razonable. Hay lechos que presentan condiciones especiales, con crecidas importantes, que permiten construir bocatomas estables, como es el caso de la compuerta radial construida en el río Mapocho, aguas debajo de la Estación de este mismo nombre. Esta bocatoma, aún en condiciones de mínimo escurrimiento del río, puede alimentar el canal La Punta. Esta obra ha operado normalmente hasta la fecha, sin embargo, es de preocupación en caso de que la compuerta funcione en forma defectuosa.

Otro ejemplo de una barrera construida a lo largo de un lecho del río, es la empleada en la bocatoma del canal Teño - Chimbarongo, en el río Teno. Esta obra se compone de una barrera vertedero de enrocados, con una altura de 3,70 m, medida entre el coronamiento y el pie de la obra, observando un funcionamiento bueno hasta la fecha, habiendo soportado crecidas, con caudales cercanos a ocurrencias de 1 en 100 años. Superior a esta probabilidad, ha estimado la DGA, fue la crecida producida en julio del 2000. En este tipo de bocatoma, un dato de importancia es el caudal específico de diseño ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ ). En el caso del río Teño, el enrocado soportó un caudal específico de unos 7  $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ .

Una bocatoma, en sus lineamientos más generales, comprende el diseño y construcción de las siguientes obras: Toma, Canal de Aducción y Canal de Servicio y Controles.

- a) Toma. Esta obra, ubicada en el lecho del río o estero, permite derivar agua al canal de aducción. El diseño de un dispositivo de toma debe efectuarse previo análisis del comportamiento histórico del curso de agua, en cuanto a los caudales registrados, su estabilidad de escurrimiento dentro del lecho, fenómenos sedimentarios y otros.
- b) Canal de Aducción. La toma, como se ha dicho, alimenta al canal de aducción. Éste, a menudo se construye dentro del lecho del río, el cual, usualmente, debe restituirse todos los años. En el caso de la bocatoma del canal Liguay, actualmente en construcción, en el estero del mismo nombre, afluente del río Ancoa, se ha diseñado un enrocado de protección.



Hay proyectos que permiten alimentar al canal de servicio, directamente del lecho del río. Es el caso de la bocatoma del río Lircay.

- c) Canal de Servicio y Controles. Este canal, destinado al servicio de la zona de riego que corresponde, comprenda una obra de entrada, un rebalse de evacuación de aguas en exceso, y compuertas de control de entrada del agua.

### **A.2.2. Defensas Fluviales.**

Se denominan Defensas Fluviales, a un conjunto de obras, construidas en los cauces y riberas de ríos y lagunas y esteros, destinadas a proteger a poblaciones y terrenos que pueden ser afectados por desbordes, debido a crecidas. Para la ejecución de estas obras, es preciso tener la autorización y ser vigiladas por el Ministerio de Obras Públicas, a través del Departamento de Obras Fluviales de la Dirección de Obras Hidráulicas y de la Dirección General de Aguas.

El diseño de las defensas fluviales, en general, se efectúa de acuerdo a los materiales disponibles, en las cercanías del lugar de su construcción. El empleo de materiales provenientes de fuentes alejadas, podría resultar antieconómico.

Las principales obras que se llevan a cabo, comprenden defensas de riberas, constituidas por Gaviones, Enrocados, Muros de Sostenimientos y otros.

En estas soluciones, es necesario excavar el terreno de apoyo de las estructuras, debiendo quedar la rasante uniforme. También debe estudiarse la crecida de diseño, para un período de retorno determinado, según las condiciones que la obra precise cumplir.

#### **A.2.2.1. Gaviones.**

Los Gaviones son cuerpos prismáticos rectos, formados con malla de alambres, divididos en compartimientos rellenos con trozos de roca o piedras, que son preparados en fábrica y llevados a terreno plegados. A continuación, se dan algunas recomendaciones generales para su diseño.

Malla Metálica. Se estructura con alambres que, una vez tejidos en torsiones dobles, toman la forma de hexágonos. Sus dimensiones determinan el espesor del alambre. Así, por ejemplo, una escuadría de 8 x 12 era (longitudes: horizontal por vertical), podría emplear alambre de 2,4 mm. Los alambres que se utilicen en los gaviones deben ser galvanizados.

Dimensión. Montaje y Armado. El proyecto debe determinar las dimensiones de los gaviones, pudiendo tener divisiones interiores.

Los gaviones vienen plegados de la fábrica y se montan en el terreno, formando cajas con tapas abiertas. El armado de los gaviones consiste en amarrar todas las aristas que sean necesarias, incluyendo los compartimientos interiores. En

esta etapa, se dejarán sin armar solamente las tapas superiores. Una vez armados los gaviones, se unirán entre sí, amarrando las aristas verticales contiguas.

Relleno. Los gaviones se rellenarán con piedras redondeadas o angulares, las cuales deberán ser sanas, duras y no alterables con el agua y los agentes atmosféricos y es recomendable que su peso específico mínimo sea de 2,5 T / m<sup>3</sup>. El tamaño mínimo de la piedra será de un 15%, mayor que la dimensión máxima del hexágono y 3 veces la dimensión mayor del hexágono.

Costura. Una vez efectuado el relleno de los gaviones, se procederá a cerrarlos amarrando las tapas, las aristas superiores y las divisiones internas.

Filtro. Según la calidad del terreno, podría ser necesario colocar un futro entre la fundación y los gaviones.

Relleno del respaldo. En todo el sector, entre la estructura de defensa y la ribera alta, se deberá realizar un relleno extendido y compactado en capas sucesivas, hasta alcanzar el nivel máximo de los gaviones construidos.

#### **A.2.2.2. Enrocados.**

En esta solución, se usa la roca para estabilizar las riberas de los cursos naturales de agua, y evitar su destrucción, que puede producir desbordes de los mismos.

La roca empleada en defensas fluviales, debe cumplir con la condición de ser un material denso, sano, resistente al desgaste, desprovisto de sales solubles y estar libre de fisuras, grietas y otros defectos que puedan contribuir a su destrucción como es el agua y las heladas.

El peso de las piedras del enrocado, debe ser suficiente para resistir el oleaje producido por el viento y el escurrimiento irregular del agua, el cual es independiente de la altura de la ribera.

En obras de embalse, se define el espesor, la granulometría y el peso del enrocado en función del fetch<sup>5</sup> del viento.

#### **A.2.2.3. Muros de Sostenimiento.**

Los muros de sostenimiento, como defensas fluviales, se emplean en ocasiones circunstanciales y en zonas específicas, donde se encuentran condiciones para su construcción. Una dificultad importante es el suelo de fundación de estas estructuras, ya que, en los cursos naturales de agua, la roca o subsuelo firme, subyace bajo una carpeta potente de material inestable.



Los muros pueden ser de hormigón gravitacional o armado. El primero de éstos, está constituido por albañilería de piedra o de hormigón simple. En cuanto a su estabilidad, en ambos casos se pueden aplicar los mismos procedimientos de mecánica de suelos y de cálculo estructural.

Fundaciones. Es necesario efectuar un estudio de mecánica de suelo de la fundación del muro, para determinar su capacidad de soporte, el cual comprende estudios geológicos, evolución del transporte de materiales sueltos, calicatas y ensayos de laboratorio. Es necesario tener presente que una fundación soportante de las cargas, puede agrietarse, en determinadas zonas, o bien tener asentamientos.

En caso que el suelo de fundación se encuentre en estratos profundos, podrían emplearse pilotajes de apoyo.

Muro Gravitacional. Esta estructura usualmente es de albañilería de piedra u hormigón simple. Las fuerzas solicitantes son el peso propio, el empuje de tierras y aguas y las fuerzas vivas (viento, temblores, oleaje y otros). Las fatigas resultantes, determinadas por flexión compuesta, deben ser de compresión, no aceptándose fatigas a la tracción.

Muro de hormigón armado. Este tipo de muro, consiste en una pantalla de hormigón armado que trabaja en consola, soportando los momentos Héctoros y esfuerzos de corte a la que está sometida. Debido al trabajo que debe ejecutar el muro se estructura con doble enfierradura. Para el diseño de la pantalla, se hacen las mismas consideraciones en lo relativo a las fundaciones. Los cálculos estructurales son similares a las de hormigón armado.

Zapata. Los diferentes tipos de muro se apoyan en una zapata, continua o individual, que transmite las fuerzas a las fundaciones. La zapata debe dimensionarse de modo que soporte las cargas en las peores condiciones de solicitaciones y que el terreno no experimente deformaciones peligrosas.

### **ANEXO 3. OBRAS DE ALMACENAMIENTO. Recomendaciones de Diseño.**

Se denomina "Obras de Embalse", a un conjunto de estructuras que, una vez construidas, permite la acumulación de agua para distintos fines de uso. En el caso del presente estudio, el agua se empleará en el riego de cultivos.

Los proyectos de obras de embalse, que postulan en los concursos de la LFR, en su mayoría, se refieren a tranques de noche y a los de mejoramiento de embalses de regulación. A los primeros de éstos, la Comisión Nacional de Riego los denomina Obras de Regulación Corta y, a los otros, Embalses de Regulación Estacional. Estas obras, participantes en los concursos de la LFR, son usualmente tranques de tierra. Las obras de embalse, en general, incluyen las siguientes obras:

- Tranques de Tierra.
- Obras de Toma.
- Obras de Desviación.
- Vertederos de Rebalse.

Los diseños de tranques pequeños, cuya máxima altura es de 15 m, pueden proyectarse empleando normas, procedimientos y recomendaciones, sencillos y seguros, basadas en obras de embalse que han operado adecuadamente hasta el presente. En el caso que sea necesario efectuar investigaciones de mayor complejidad, el costo del proyecto podría resultar superior a los límites de costo total establecidos en la LFR.

#### **A.3.1. Obras de Regulación Estacional – Tranque de Tierra**

Los dos tipos de muros de tierra compactada, de uso más frecuente en los proyectos de la LFR, son los de material homogéneo y los de sección compuesta. En el primer caso se emplea un solo material y, en el segundo, se consideran varias zonas. La selección del tipo de tranque, se efectúa de acuerdo a las condiciones físicas del lugar y de su adaptabilidad a las obras del proyecto, en definitiva, a su costo de construcción. A este respecto, los factores que juegan un papel preponderante son la geología, las condiciones topográficas y la disponibilidad de agua.

Los tranques de tierra deben ser seguros y estables durante los procesos de construcción y operación del embalse. Para cumplir con estas condiciones, entre otras, se citan las siguientes:

- Asegurar que el nivel del agua del embalse no escurra por encima del coronamiento del terraplén del tranque, mediante un vertedero de rebalse con suficiente capacidad para evacuar avenidas.
- Los terraplenes del tranque, deben ser estables durante la construcción de las obras, en las condiciones normales de funcionamiento del embalse y de vaciado rápido, cuando se trata de embalses de almacenamiento.
- Las fuerzas solicitantes de los terraplenes, no deben superar las resistentes de las fundaciones.
- Controlar las filtraciones que se pueden producir a través de los terraplenes y las fundaciones, para evitar que se produzcan fugas de agua con arrastre de materia] (piping) y el consiguiente peligro para la obra.
- Evitar que con el peralte del nivel del embalse, ocasionado por el oleaje producido por el viento, escurra agua por encima de su coronamiento.
- Proteger el talud de aguas arriba de la erosión, que puede producir el oleaje y el de aguas abajo de la precipitación y el viento.

#### **A.3.1.1. Investigaciones Preliminares.**

La necesidad de disponer de agua regulada, induce al usuario a investigar la posibilidad de construir una obra de embalse interanual. Las investigaciones preliminares se orientan al reconocimiento del terreno y al análisis de antecedentes disponibles, los cuales incluyen cartas, mapas, planos topográficos, datos aforos, informes geológicos, estadísticas, estudios agrológicos y otros atinentes de diversa naturaleza. Esta información, en caso de ser insuficiente, debe completarse con datos adicionales y/o elaborados.

Las investigaciones determinarán, en una primera etapa, la viabilidad de llevar a efecto el proyecto, verificando si la obra riega los cultivos con seguridad 85% y que el costo del proyecto y su operación posterior, justifica su ejecución. En caso favorable, procedería a planificar las actividades de terreno y de oficina incluyendo, en las primeras, estudios geológicos; trabajos topográficos; reconocimiento para ubicación de obras tales como tranques, obras de toma, obras de desvío, vertedero de rebalse; estudios de mecánica de suelos para los rellenos y pétreos para hormigones y otros relativos a la investigación pertinente. En la oficina, compete analizar los datos de terreno recogidos, los cuales deben ser complementados con trabajos adicionales, así por ejemplo, ensayos de laboratorio, estudios de fluviometría, pozos de reconocimiento y otros. También cabe efectuar los estudios hidrológicos y finalmente los diseños definitivos.

#### **A.3.1.2. Estudio Hidrológico.**

Es necesario efectuar un estudio hidrológico, con el objeto de definir el volumen de llenado del embalse, que permita llegar al área del proyecto con un 85% de seguridad, y calcular la crecida máxima para determinar las dimensiones del vertedero y de la obra de desviación. El período de recurrencia del caudal de vertido, es materia de discusión del proyecto, considerando especialmente la existencia de poblaciones en zonas de aguas abajo. En todo caso, no es recomendable uno inferior a 1 en 100 años. Para la obra de desviación, es usual emplear 1 en 10 años.

Generalmente, no es posible hacer un estudio de crecidas en base a caudales medidos, debido a la imposibilidad de operar en tales condiciones, por lo cual, se emplean métodos basados en mediciones hidrometeorológicas y de la cuenca. Existen varios métodos para el cálculo de crecidas, siendo su elección dependiente del tipo hoyo (nival, pluvial, nivopluvial) de emplazamiento del tranque y de la disponibilidad de información para la aplicación de algún sistema determinado. Se pueden citar, entre otros, el Método Racional, aplicado por muchos años en Chile, la fórmula de Verni - King, válida para cuencas pequeñas y determinadas zonas del país, el Hidrograma Unitario, basado en la calibración de parámetros de la cuenca para distintas tormentas y el método, denominado Área - Pendiente.

#### **A.3.1.3. Geología y Topografía**

##### Geología.

La información sobre la geología del área del proyecto, es de importancia, pues permite tener conocimiento del suelo de fundación de las obras, el espesor de los estratos que van a soportar la solicitación de los terraplenes, la permeabilidad, condiciones en que se encuentra el suelo rocoso en cuanto a fragilidad y contenido de sales solubles y otros. En caso de necesidad, en adición a los antecedentes disponibles, debería efectuarse un estudio geológico ad-hoc.

##### Topografía.

La Topografía juega un papel relevante en el estudio del proyecto, por lo cual, es indispensable disponer de esta información lo más completa posible, y con una precisión adecuada. La cartografía y topografía necesaria en el estudio de una obra de embalse, se cita a continuación:

- Cartas IGM a escalas, 1:20.000, 1:25.000, 1:50.000 y otras, según el caso, para determinar la hoya hidrográfica del proyecto, necesaria para el estudio hidrológico y antecedentes que pueda incidir en el desarrollo de las obras, tales como caminos, propiedades y otros.
- Presentar un plano de ubicación del proyecto, indicando claramente las vías de acceso a las obras y distancias a localidades conocidas e identificadas en dicho plano.
- Hacer un levantamiento topográfico, con curvas de nivel, de la zona de inundación del embalse. La escala del plano debe determinarse de acuerdo a las dimensiones del área de las obras. En todo caso, se recomienda que esas curvas se tracen a una distancia en metros, no mayor del uno por mil de la escala mencionada.
- Levantamiento topográfico del muro, vertedero, obras de toma, a escala necesaria para efectuar los estudios.
- Levantamientos de zonas para estudios específicos de obras, empleando escalas ad-hoc.
- Levantamientos de detalles de obras a diversas escalas.
- Indicar los Puntos de Referencia (PR) necesarios, para ubicar y construir las diferentes obras del Proyecto.

#### **A.3.1.4. Excavaciones.**

Las excavaciones, requeridas para la construcción de las obras de embalse, deben especificarse en el proyecto, teniendo presente las condiciones de

terreno investigadas y la necesidad de sustentar las diversas obras de embalse. Además, corresponde dar a conocer las zonas en que se encuentra el material considerado apto para rellenos y áridos para la confección de las obras que lo precisen, e indicar las zonas donde debe depositarse el material no utilizable, en zonas previamente elegidas y aprobadas.

#### **A.3.1.5. Obras de Desviación y Túnel de Evacuación.**

El proyecto de una obra de embalse, que debe construirse en un curso de agua, comprende el diseño de una obra de desviación del agua, necesaria para permitir la construcción de las obras, la cual debe permanecer durante el período de su construcción, cuya magnitud depende de las condiciones del terreno y especialmente del caudal que escurre por la cuenca respectiva. En algunos proyectos, se diseña esta obra formando parte del tranque. Es usual que las obras de desviación se construyen como un tranque de tierra. La elección del tipo de obra depende de su viabilidad, su costo y la prevención de perjuicios que se pueden ocasionar a las obras y, especialmente, a las poblaciones de aguas abajo.

Es trascendente, en una obra de desviación, considerar los siguientes factores:

Característica del escurrimiento. En adición a la superficie de la hoya y su ubicación geográfica, la crecida esperada depende de la nieve y la lluvia de la intensidad y duración de éstas, variables que influyen en el diseño de la obra de desviación.

Caudal de Diseño. Desde el punto de vista hidrológico, la dimensión de esta obra, y, por lo tanto, su costo, es dependiente de la crecida y período de retorno considerado. Este último, usualmente es de 1 en 10 años.

Conducción del agua. Hay diversas obras que permiten derivar el agua fuera de la zona de construcción, a saber, túneles excavados en cerros cercanos a la obra, o debajo del tranque; canales provisorios y otros.

#### **A.3.1.6. Taludes del Muro.**

En el proyecto, se pueden emplear los taludes del muro indicados en normas, procedimientos y recomendaciones sobre esta materia. En caso que el proyecto presente condiciones diferentes a las discutidas en dichos instrumentos, debería llevarse a cabo un estudio especial.

#### **A.3.1.7. Fundaciones y Rellenos.**

##### Fundaciones.

Las condiciones más importantes que deben cumplir las fundaciones de los tranques de tierra, son las de proporcionar apoyo estable a las obras, en cualquiera condición de carga y saturación, y en lo posible, evitar que se produzcan filtraciones. Atendiendo a sus características predominantes, el

material de fundación puede agruparse como sigue: roca, material granular (arena y ripio) y material fino (limo y arcilla).

El mínimo tratamiento que debe cumplirse, en cualquier fundación, es la de retirar las raíces, el material orgánico y otros materiales inapropiados que se encuentren en las excavaciones efectuadas. El proyecto debe indicar el lugar donde se depositará el material proveniente de estas excavaciones, previniendo que no obstruyan la construcción de las obras, los cursos de agua, los cultivos y otros.

En fundaciones permeables, deben efectuarse los tratamientos que correspondan, para evitar, especialmente las filtraciones. Usualmente se emplean carpetas impermeables y filtros. En tranques de noche, ha resultado económico emplear carpetas de geomembranas, para cubrir tanto la cubeta como los taludes, para evitar las filtraciones.

#### Carpetas Impermeables. Filtros y Geotextil.

Los tranques de tierra, cuyas fundaciones se componen de materiales permeables, tales como la arena y el ripio, están expuestos a la producción de filtraciones. Éstas tienen el principal inconveniente de producir pérdida de agua y arrastre de material (piping), debido a las fuerzas solicitantes del agua, por ejemplo subpresión, constituyendo un peligro para la obra.

Hay diversos métodos para controlar las filtraciones y escurrimiento de agua en fundaciones permeables de estructuras hidráulicas, entre las cuales cabe mencionar los endientados de fundación (cutoff), ataguías, pilotajes, carpetas impermeables, filtros y la pared moldeada o una combinación de estas soluciones. Es posible que la inclusión de los costos para implementar alguna de estas soluciones, eleven de manera excesiva el valor total del proyecto. En diversos tranques pequeños, actualmente en operación, ha resultado económico diseñar dientes de fundación en conjunto con carpetas impermeables y filtros.

Endientado de fundación, es la excavación, semejante a un canal, con paredes en talud o verticales, efectuada en la zona de ubicación del material impermeable del tranque, el cual se rellena con material impermeable, formando parte del núcleo indicado. El endientado debería llegar hasta el terreno impermeable de la fundación, quedando así controlada la filtración. En caso que la roca o el material indicado se encuentre a mucha profundidad, esta solución resultaría antieconómica, por lo cual, en muchos casos, se procede a construir un endientado parcial, que permite alargar el recorrido de la filtración y reducir energía del agua.

#### Rellenos o Terraplenes.

Terraplén es un macizo de tierra destinado a rellenar un hueco o construir una plataforma de camino, un muro de contención, en obras de riego, a mayor cota que el terreno natural y otros objetivos. Los proyectos de beneficiarios de la

aplicación de la LFR, que comprenden terraplenes, generalmente los emplean en canales y tranques de tierra.

El suelo utilizado en los terraplenes se define como un material, cuyo tamaño máximo es de 3". Se especifica como sigue, según la Clasificación USCS, oficial en las normas chilenas:

*Material Fino.* Más del 50% en peso pasa la Malla Nº 200.

|    |                              |
|----|------------------------------|
| ML | Limo de baja plasticidad.    |
| MH | Limo de alta plasticidad.    |
| CL | Arcilla de baja plasticidad. |
| CH | Arcilla de alta plasticidad. |

*Material Grueso.* Queda retenido en la malla Nº 200.

|    |                              |
|----|------------------------------|
| SW | Arena bien graduada.         |
| SP | Arena mal graduada.          |
| SL | Arena limosa.                |
| SC | Arena arcillosa.             |
| GW | Grava o Ripio bien graduado. |
| GP | Grava o Ripio mal graduado.  |
| GL | Grava o Ripio limoso.        |
| GC | Grava o Ripio arcilloso.     |

De acuerdo con esta clasificación de los materiales gruesos, quedan bien definidos en cuanto a su diversidad de tamaño e igualmente son conocidas sus condiciones para su empleo en la construcción de obras.

El material fino, se define como el que pasa la malla Nº 200 y puede ser limo o arcilla. No basta esta condición, pues estos suelos se comportan de diferentes modos, los cuales deben ser analizados para identificar su comportamiento para su empleo en rellenos de diversa naturaleza. En los suelos que se componen principalmente de granos finos, el agua incorporada en ellos tiene una influencia importante en su comportamiento. Los grados de consistencia del suelo son los siguientes:

*Estado Líquido.* El suelo se presenta en estado de suspensión o se comporta como un fluido viscoso.

*Estado Plástico.* El suelo puede deformarse rápidamente o moldearse, sin cambiar de volumen o agrietarse.

*Estado Sólido.* Las deformaciones pueden producirle grietas al suelo.

Para efectuar el estudio del comportamiento del suelo, se emplean muestras que pasan por malla Nº 40, que es el límite superior del componente fino de arena.

Se denomina Límite Líquido (LL) al estado del suelo cuando pasa del estado líquido al plástico. Límite Plástico (LP), el paso del Límite Plástico al Sólido.

El contenido de humedad del suelo, con respecto a su peso seco (%), define la situación de los diferentes estados indicados.

La diferencia entre el Límite Líquido y el Límite Plástico, corresponde a la variación de proporciones del agua, dentro de las cuales el suelo es plástico, diferencia que se llama índice de Plasticidad (IP). Los suelos muy plásticos, tienen estos índices altos. Los suelos que no son plásticos tienen esos índices iguales y por tanto, el IP es igual a cero.

Los límites de consistencia indicados se llaman "Límites Atterberg" y se analizan en un laboratorio con un instrumento de ese mismo nombre.

Los suelos finos se pueden reconocer haciendo pruebas manualmente.

La disponibilidad de material de relleno, ya sea en empréstitos o proveniente de excavaciones y su clasificación, indicada anteriormente, permitirán hacer los diseños respectivos.

También el estudio podría considerar necesario el empleo de carpetas impermeables y filtros, en sus fundaciones para prevenir o controlar las posibles filtraciones. También es usual el empleo de geotextiles, material sintético que tiene diversas aplicaciones para el control de las filtraciones.

Las variables de mayor influencia en la ejecución de terraplenes bien contruidos son: el suelo, su colocación, la humedad y uniformidad del material esparcido, la humedad del suelo proveniente de zonas de empréstitos y el rodillado. Son indispensables para controlar la construcción de terraplenes, la inspección de las obras y las pruebas de laboratorio. La construcción de terraplenes en tranques pequeños, se efectúa controlando principalmente la humedad y la Densidad Proctor máxima del suelo. Deberán efectuarse estos ensayos, por lo menos cada 5.000 m<sup>3</sup> de rellenos efectuados y en los casos que la inspección observe insuficiencias en la colocación del material.

Es preciso establecer que el material proveniente, tanto de empréstitos como de excavación de la fundación, corresponda al especificado en el proyecto, e igualmente que las capas de suelo colocado contengan la humedad óptima antes de proceder al rodillado. En todo caso, no se aceptará que el espesor de las capas de relleno sea mayor de 30 cm. Antes de colocar la primera capa, deberá regarse y rodillar la fundación, a fin de obtener una correcta ligazón entre ésta y el relleno.

Los terraplenes del tranque, deben ser colocado de manera que al termino de la compactación se obtenga, a lo largo del muro, una superficie, en lo posible a nivel.



Protección del Talud de Aguas Arriba y de Aguas Abajo. En tranques de tierra, debe protegerse el talud de aguas arriba, que puede ser erosionado por la acción destructiva del oleaje, producido por el agua del embalse o de galerías excavadas por animales. En general, para este efecto se emplean enrocados (riprap), los cuales se pueden colocar desparramándose o a mano.

El tamaño y peso de la roca empleada, debe ser suficiente para resistir su desplazamiento, que podría ocasionarse, debido al oleaje producido por el viento. Las condiciones que debe cumplir la roca, son independientes de la altura del tranque, pues son sólo función de la velocidad del viento, su dirección y longitud del fetch.

El enrocado debe extenderse desde el coronamiento hasta el nivel mínimo de agua, apoyándose en una berma. Igualmente, el talud de aguas abajo debe protegerse contra la erosión producida por el viento o la precipitación, mediante una capa de enrocado o con pasto.

### **A.3.2. Obras de Toma.**

#### **A.3.2.1. Objetivo y Disposición de las Obras.**

Las Obras de Toma tienen por objeto derivar el agua almacenada en un tranque. Las presentes normas de inspección se refieren al uso del agua para el riego de cultivos.

En general, una obra de toma se compone de un dispositivo de entrada del agua, uno de conducción, otro de salida y de las obras anexas. En la literatura de los tranques pequeños, actualmente en operación, se puede verificar que se han adoptado innumerables soluciones de este conjunto de obras. La más sencilla de éstas, comprende una estructura de toma ahogada, una cañería a presión y una obra de salida, con sus respectivas obras de control.

#### Estructura de Toma y de Control.

- a. Torre de Toma.** Es una estructura, generalmente cilíndrica y de hormigón armado, ubicada dentro de la zona de inundación del embalse, que permite derivar agua, en cualquier condición de llenado de éste. Tal solución hace necesario construir un puente de acceso a partir del coronamiento del tranque y, además, conlleva el disponer las obras de control dentro del cuerpo de la estructura. La obra debe diseñarse de modo que sea capaz de captar agua, en lo posible, al mínimo nivel del embalse, el cual se determina estimando la sedimentación que se puede producir, la recreación y otros usos. El volumen de agua no utilizable, debido a dicha operación, se denomina "colchón muerto de agua".

Dentro de la torre de toma, van ubicados los controles, que pueden estar constituidos por válvulas o compuertas.

La torre de toma, comparada con otras soluciones, tiene la ventaja que permite inspeccionar la tubería de aducción en todo su recorrido.

La inspección de una torre de toma, comprende las fundaciones, una obra de hormigón y compuertas y/o válvulas.

- b. Torre de Control.** Es una obra de estructura similar a la torre de toma y ubicada en el cuerpo del tranque, desde el coronamiento hasta la tubería de aducción, lugar donde van instalados las válvulas y/o compuertas de control del escurrimiento del agua.

- c. Obra de Toma Ahogada. Esta obra permite derivar agua mediante una estructura que funciona en forma permanente bajo el agua, solución que adolece de diversos inconvenientes, principalmente por la sedimentación depositada en el embalse, que puede obstruirla. En esta solución, la tubería de aducción trabaja a presión y es de difícil inspección. Sin embargo, hay tranques pequeños construidos en Chile con esta disposición de obras de toma que han funcionado bien, siendo objeto de especial cuidado en la operación y mantenimiento del sistema.

Se han construido obras de toma ahogadas, en las cuales la cámara de control está ubicada en una torre, construida en el cuerpo del tranque. En otras obras de embalse, el control se efectúa por el túnel de evacuación, o bien por uno construido especialmente para servir de acceso a la cámara de maniobras.

La Inspección Técnica de Obras (ITO), debe controlar que la obra sea construida de acuerdo a los planos del Proyecto, especialmente las fundaciones, las obras de hormigón y rejillas, para proteger la entrada de sedimentos, raíces y otros.

#### **A.3.2.2. Tubería de Aducción**

En el diseño de obras pequeñas, suele considerarse el túnel como obra de desviación e igualmente de aducción. Por razones derivadas, especialmente de las limitaciones económicas de la LFR, en la presente Pauta Técnica no se analiza esta solución. La alternativa es el uso de una tubería de hormigón armado, fierro, o bien, fierro revestido con un dado de hormigón.

Este conducto de aducción, puede ubicarse en el cuerpo del tranque o bien, debajo de éste, en terreno de fundación. La condición de escurrimiento del agua dentro de la tubería, depende de la carga del embalse y del diámetro y posición de la cañería, habiendo posibilidades de que haya escurrimiento libre.

Se tiene conocimiento de numerosos casos de funcionamiento inadecuado de tranques de tierra, debido a diseño o construcción defectuosos de tuberías de aducción, por lo cual, este problema debe estudiarse cuidadosamente.

#### **A.3.2.3. Dispositivos de Control.**

El agua que la tubería de aducción entrega para riego, se controla con válvulas y/ o compuertas, ubicadas en las torres de toma o de control, según el caso y en la estructura de salida cuando se trata de una obra de toma ahogada.

#### **A.3.2.4. Estructura de Salida.**

La descarga de la tubería de aducción, ya sea a través de una válvula, compuerta, o escurriendo libremente, es a alta velocidad. En este caso, debe



diseñarse un dissipador de energía, cuya estructura depende de la solución de obra de toma del Proyecto.

#### **ANEXO 4. CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS Y ELEVACIONES MECÁNICAS Recomendaciones de Diseño.**

##### **A.4.1. Captaciones Subterráneas.**

Un proyecto de construcción de captación de agua subterránea, de acuerdo con la LFR, puede concursar una vez que se hayan construido las obras respectivas, debiendo, previamente el interesado, presentar los antecedentes y diseños relativos al proyecto.

El agua subterránea, en su calidad de recurso que escurre o se almacena en el subsuelo, se encuentra en diversas condiciones de explotación, para lo cual es preciso emplear obras según el caso. A continuación, se mencionan casos, entre otros, de provisión del agua subterránea:

- a) Pozos o Norias. Estas obras se excavan a mano, por tanto, son de poca profundidad y atraviesan generalmente reducidos cursos de agua. Este sistema se emplea para alumbrar agua para fines domésticos, riego de cultivos y otros.
- b) Galerías Filtrantes. Este sistema permite obtener agua mediante túneles filtrantes. Su empleo es limitado, sin embargo, se pueden citar casos de usos importantes como son las denominadas Cochas de Pica, en la I Región, y las Galerías Filtrantes de Las Vegas, en el río Aconcagua de la V Región, para proveer de agua potable a la ciudad de Valparaíso.
- c) Drenes. El agua subterránea, proveniente del avenamiento de zonas inundadas, puede obtenerse mediante zanjas interceptoras, las cuales presentan limitaciones. Además, es aleatorio el caudal posible de obtener.
- d) Pozos Profundos. Esta denominación, generalmente identifica a las obras cuya exploración precisa el empleo de maquinaria de perforación. Estos pozos son de mayor ocurrencia que otros, por la seguridad y permanencia de obtención del caudal, especialmente el uso en el agua potable y el riego.

Por su trascendencia e importancia, las presentes recomendaciones y Especificaciones se referirán a los Pozos Profundos.

##### **A.4.1.1. Pozos Profundos.**

###### Perforación.

La provisión de agua mediante pozos, aumenta según su profundidad, ya que puede ser atravesada mayor cantidad de napas subterráneas. Esta situación, ha conducido al empleo de maquinaria especializada en la excavación de pozos profundos. Entre éstas, cabe mencionar las de percusión, de rotación y de rotopercusión. La ejecución de un pozo profundo, debe estar precedida de un estudio acucioso, analizando la mayor cantidad de información disponible, de la posibilidad de obtener agua y la profundidad en que ésta se encuentra.

En el proyecto, se determinan las dimensiones de la perforación del pozo, entre otras, la profundidad y el diámetro. Este último debe tener la holgura suficiente, que permita efectuar el engravillado y desarrollo de pozo.

#### Entubación. Engravillado y Desarrollo del Pozo.

La entubación consiste en el montaje de la cañería y el conjunto de operaciones e instalaciones necesarias, para dejarla expedita a su uso.

El engravillado y desarrollo del pozo, son actividades destinadas a incorporar un material de relleno, entre la tubería y la pared del pozo, para construir un filtro que permita el paso del agua bombeada, e impida el paso de material fino y obstruya la cañería y otros.

También comprende el desarrollo del pozo, la extracción de los lodos, con el objeto de estabilizar las formaciones en torno a las rejillas, obtener el mejor rendimiento y liberación del material fino del pozo.

#### Ranurado de la Tubería.

Para captar agua del pozo, generalmente, se emplean tuberías previamente ranuradas e instalan rejillas, en las zonas de los acuíferos atravesados. Esta operación, es materia de un estudio según el caso, especialmente cuando se perforan materiales finos.

#### Habilitación del Pozo y Tubería de Impulsión.

La habilitación de un pozo es el proceso que consiste en el montaje de una bomba de pozo profundo y diversos accesorios eléctricos e hidráulicos. Al término de estas operaciones, se puede considerar que el pozo se encuentra habilitado para su funcionamiento.

A la salida del pozo se instalan tuberías, válvulas y elementos que permiten la entrega del agua para su uso, según lo definido en el proyecto. Usualmente, la tubería de impulsión es de PVC.

#### Prueba de Bombeo.

Esta es la etapa final de construcción de un pozo de agua subterránea, que debe controlarse, pues se determina el agua, regularmente constante, posible de utilizar.

La Prueba de Bombeo es la operación de medición del caudal, la cual consiste en bombear agua, en primer lugar, en diversos períodos de tiempo, con caudal variable, observando la depresión del nivel del pozo y finalmente, durante 24 horas con caudal constante.



#### Provisión de Energía.

En general, los equipos de elevación mecánica pueden estar compuestos, ya sea por grupos de bombas centrífugas de combustión interna, o bien eléctricos, siendo la elección de uno u otro sistema, principalmente por razones económicas. Los motores de combustión interna más utilizados, son a bencina o diesel.

El empleo de energía eléctrica está supeditado a su disponibilidad en el área del proyecto, habiéndose observado, en algunos concursos de la LFR, tiempos de espera de instalación de torres de Alta Tensión, por parte del proveedor de energía. Generalmente, se efectúa un empalme con una línea de Alta Tensión y de aquí al sistema de bombeo, previa ejecución de pasos e instalaciones de ajuste de la energía a las necesidades del proyecto

#### Casa de Máquinas.

La Casa de Máquinas, es una habitación destinada a la instalación del grupo motobomba y del motor de combustión interna, o bien la motobomba y el tablero eléctrico de comando y energía, en el caso de empleo de electricidad.

#### Derecho de Aprovechamiento.

La etapa final de construcción de un pozo de agua subterránea, es la ejecución de la prueba de bombeo, la cual debe ser aprobada por la DGA, a fin de que esta institución otorgue el derecho de aprovechamiento respectivo, y por la Comisión Nacional de Riego, a fin de que ésta apruebe el Proyecto en el Concurso Público respectivo.

### **A.4.2. Elevación Mecánica.**

Se denomina Elevación Mecánica al sistema que, para disponer de agua para el riego de cultivos, precisa elevar tal recurso, que se encuentra a niveles inferiores a los de su uso. El agua, que en esta clase de riego se suele llamar riego mecánico, debe tratarse de acuerdo a las vanadas condiciones en que se encuentra, siendo necesario, en algunas de ellas, emplear procedimientos y cumplir condiciones ad-hoc. Así, por ejemplo, en cursos naturales de agua, el proyecto comprende el diseño de una bocatoma la cual presenta, como se ha comentado en párrafos anteriores, problemas de diversa naturaleza. Igualmente, aunque con menos dificultades, en el caso de un canal y otras obras, debido a que podría ser necesario dividir el agua entre sus usuarios y por tanto, construir una obra de partición. A continuación se enumeran las etapas y obras que comprenden llevar a cabo una Elevación Mecánica, según corresponda:

#### Permisos.

Por regla general, los postulantes a los Concursos Públicos de la LFR deben acreditar que poseen un derecho de aprovechamiento. Sin embargo, en el caso de un canal,



podría ser necesario tener autorización de una comunidad para la derivación del agua. También cabe hacer presente que, disposiciones legales imponen diversas condiciones a extracciones en cursos naturales de agua.

#### Marco Partidor u Obra de Partición.

Una de estas obras, es necesaria para extraer agua de un canal o recursos de carácter comunitario.

#### Obra de Toma.

Obra de derivación del agua.

#### Desarenador.

Es necesario disponer de esta obra de arte, para evitar la entrada de material sedimentario a los equipos de elevación mecánica.

#### Estanque de Elevación.

Dispositivo de acumulación de agua, en el cual se instalarán los equipos y anexos, de succión para la elevación mecánica.

#### Bombas y Anexos de elevación.

Instalación de equipos de elevación y de control.

#### Provisión de Energía. Casa de Máquinas y Tubería de impulsión.

Similar a lo expresado en el párrafo sobre agua subterránea.

#### Estanque de almacenamiento de Agua.

Obra de arte que acumula agua a través de la tubería de impulsión.

#### Obra de Salida de Agua.

Es la obra construida a la salida del estanque de provisión de agua para el riego.

## **ANEXO 5. RIEGO CALIFORNIANO. Recomendaciones de diseño.**

Se denomina Riego Californiano a un sistema que permite derivar, conducir y distribuir el agua, por medio de tuberías, las cuales pueden ser fijas o móviles. La entrega del agua se efectúa a nivel predial, o sea, dicho sistema no modifica el método de riego gravitacional en actual uso, ya sea por surcos, bordes, platabandas y otros. Este sistema, que usualmente se diseña de modo que el agua escurra con la energía que dispone en la zona de derivación, permite mejorar la eficiencia del uso, la conducción y la distribución del agua. En casos en que el suelo se encuentre a cota superior que el agua, debe diseñarse un sistema con elevación mecánica. Las presentes recomendaciones, se refieren a proyectos que no emplean dichos dispositivos. Sin embargo, en este caso, el principio de su funcionamiento, conduce a que la tubería entre en presión.

Un proyecto de esta naturaleza, puede abordarse de diversas maneras según sea la ubicación y los tipos de válvulas en los hidrantes, disposición de las estructuras de conducción, de entrega del agua al riego y varias otras combinaciones. Se dan a conocer las siguientes disposiciones posibles de emplear en un proyecto:

- Válvula Alfalfa, ubicada en hidrante, en la parte superior del elevador. Válvula de Huerto, ubicada en el hidrante. El agua escurre a velocidad baja.
- Elevador en el hidrante. Distribuye agua en surcos de corrugación.
- Hidrante con tubería vertical abierta.
- Elevador o con tubería tapada.
- Tubería vertical en hidrante, que rebalsa
- Hidrante en tubería superficial.
- Tuberías con válvulas que controlan el escurrimiento, sin necesidad de usar otras.
- Tuberías verticales provistas de compuertas.

Las presentes recomendaciones se basan en proyectos que normalmente se usan en Chile empleando elevadores.

En este sistema, no es recomendable la aplicación de fertilizantes y pesticidas a través del agua para riego. Así mismo, se estima inconveniente emplear el agua durante 24 horas continuadas, salvo que el riego se vigile en forma permanente.

Cuando el recurso agua es derivado de un canal, éste podría llevar derechos de aprovechamiento de otros usuarios; en tal circunstancia, procedería acordar con éstos, construir una obra de reparto del agua, por ejemplo un marco partidor.

En lineamientos generales, el Sistema de Riego Californiano podría incluir las siguientes obras y acciones:

- Certificado de Acuerdo entre los regantes.
- Marco Partidor. Obras de Toma.
- Desarenados
- Tubería de Conducción, válvulas y anexos.



- Cámaras de Regulación de Presión.
- Tuberías de Distribución, válvulas y anexos.
- Cámaras Terminales.

Para el diseño de este sistema, se pueden considerar, entre otros, las siguientes actividades y criterios:

Perfil del Terreno. Hacer un levantamiento de la infraestructura y de los métodos de riego aplicados y de la topografía del terreno, para evaluar la conveniencia de emparejar el terreno, a fin de minimizar los costos del proyecto, e igualmente efectuar el diseño de las tuberías. Se estima que la escala del plano podría ser 1:1.000 con curvas de nivel de un metro o menos, si se considera necesario. En todo caso, las condiciones del terreno y las variables que el proyecto precisa considerar, determinará la topografía que es necesario disponer.

Suelo de Riego y Demanda de Agua. Deben estudiarse las condiciones de suelo y sus posibilidades de uso para cultivos de riego. Basado en esta información respectiva y de ésta, el caudal del mes de máximo consumo.

Disponibilidad de Agua. Es necesario determinar el agua disponible para abastecer a los cultivos considerados aptos para el riego y económicamente rentables. El análisis conlleva realizar un estudio hidrológico de los caudales medios mensuales disponibles, en un lapso de unos 30 años, y efectuar el balance entre esta información, oferta de agua, y la demanda definida por la tasa estacional de riego, operación que debe efectuarse de modo de obtener el caudal necesario para el riego, con un 85% de seguridad. Es necesario efectuar un estudio de los sedimentos que lleva el agua.

Certificado de Acuerdo. Es necesario disponer de un documento, emanado de la entidad que corresponda, que acredite la legalidad de la división del agua, de propiedad de diversos usuarios.

Diseño del Sistema. Esta etapa del proyecto, comprende la estructuración del sistema de tuberías de conducción, de distribución del agua para riego, obras y elementos adicionales, en el plano sugerido anteriormente. Este trabajo debe fundamentarse en un estudio de los sectores de riego que es conveniente servir, teniendo presente la topografía del terreno, extensión del área regada, sistemas de riego empleados, disponibilidad del recurso y otros.

Marco Partidor o Sistema de Partición. Obra que es necesario construir, como se ha dicho, cuando la tubería del riego californiano debe portar agua de un canal, cuyos derechos de aprovechamiento son de diversos usuarios.

Obra de Toma. El sistema deriva agua para riego, escurriendo bajo la acción de las fuerzas de la gravedad. La obra de arte de toma debe estudiarse, especialmente, de acuerdo a las condiciones del terreno, estudio del eje hidráulico y las necesidades del proyecto.

Desarenador. Debe diseñarse esta obra de arte, a fin de atrapar los sedimentos acarreados por el agua, los cuales podrían obstruir la tubería.

Tuberías de Conducción. El agua se extrae de la fuente de alimentación, por medio de una tubería de conducción. Esta debe diseñarse de modo que tenga una capacidad suficiente para conducir el caudal en el mes de máximo de consumo. La tubería de conducción, hace entregas de agua a tuberías de distribución, las cuales alimentan los bloques o sectores de riego, entregando el agua a los canales prediales. En el plano topográfico del terreno, pueden determinarse las pendientes y longitudes de las tuberías. Es necesario determinar la longitud de los surcos de riego, teniendo presente el suelo, el caudal empleado, la pendiente del surco, las condiciones del terreno y otras. Existen estudios que hacen recomendable la definición de las longitudes máximas que deberían tener surcos de riego, para diferentes suelos, pendientes y profundidades de agua (ver punto 3.2.1.).

Generalmente, las tuberías que se emplean en este tipo de riego, son de hormigón prefabricado, de PVC o material similar.

En el escurrimiento por conductos cerrados y a presión, son determinantes el caudal, la rugosidad, y el diámetro de las cañerías. Para determinar este último, hay diversas fórmulas que se pueden emplear. El profesor F.J. Domínguez, en su libro Hidráulica, propone el uso del gráfico Moody. También se pueden citar las fórmulas de Chezy, Manning, Hazen Williams y otros.

Elevadores. Son dispositivos, generalmente tuberías verticales que, acopladas a las tuberías de conducción enterradas, alimentan las de distribución.

Tuberías de Distribución. Estas tuberías, derivan de las cámaras de regulación de presiones, ubicadas en las de conducción y tienen por objeto alimentar las campanas de distribución.

Campanas de distribución. Las campanas de distribución, son dispositivos instalados sobre las tuberías, a distancias determinadas por el número de surcos que debe alimentar, y van provistas de válvulas y diversos dispositivos, destinados a asegurar la provisión del agua, en cantidad y condiciones adecuadas para el riego de cultivos. Estas campanas están insertas en la última etapa de amortiguación de la energía, por lo cual entregan el agua apropiada para el riego. En una tubería de distribución se instalan diversas campanas, cuyo espaciamiento depende del número de surcos, que se abastecerán desde una misma campana y de la distancia entre surcos u otros sistemas de regadío.

Cámaras Reguladoras de Presión. Las cámaras son obras de arte de albañilería, hormigón simple o armado u otras. El caudal, que escurre por la tubería de conducción, puede alcanzar velocidades cuya aplicación a los cultivos, produciría erosiones del suelo, por lo cual, en las cámaras indicadas, se instalan válvulas reguladoras de presión.



Cámaras Terminales. Son obras de arte, ubicadas al final de las tuberías de distribución. Cada una de ellas va provista de una válvula.

Profundidad y Apoyo de las tuberías. Para llevar a cabo estas operaciones, deberían cumplirse las especificaciones de los fabricantes de la tubería. Se recomiendan apoyos constituidos por capas de arena o ripio, y rellenos con este material hasta su diámetro.

Válvulas Alfalfa o Beta. Se utilizan para regular la presión del agua y mantenerla a la presión normal para el riego de cultivo, sin producir erosión del terreno. Se instalan en las cámaras reguladoras de presión, construidas en albañilería y se ubican en los puntos de la tubería en que es necesario regular la presión. En este punto, se entrega a la tubería de aguas abajo, el agua a la presión atmosférica. El diámetro de la válvula, debe ser el mismo de la tubería en que se instala.

Válvulas de Espejo. Se utilizan para regular el flujo de agua sin modificar la presión. Se ubican en las cámaras de presión, a la salida de las tuberías de distribución. El diámetro de la válvula debe ser el mismo de la tubería en que se instala.

Válvulas de Huerto. Regulan la distribución del agua, por medio de las campanas, a los surcos, platabandas o bordes.



## **ANEXO 6. RIEGOS TECNIFICADOS LOCALIZADOS**

### **Recomendaciones de Diseño.**

Se denominan Riegos Tecnificados Localizados los que precisan, para su funcionamiento, de agua a presión, la cual puede disponerse por condiciones naturales del terreno, o bien elevación mecánica.

Los sistemas de riego, comúnmente empleados, son los denominados Riego por Aspersión, Micro Aspersión y Goteo, o una combinación de ellos. Los dos primeros, proporcionan agua en forma de precipitación y el otro, como su nombre lo indica, por gotas.

El agua, para el riego de los tres sistemas indicados, puede provenir de diferentes fuentes, cada una de las cuales precisa de un estudio ad-hoc. Así por ejemplo, puede tratarse de un curso natural de agua, de un canal, del agua subterránea, de drenaje y otras. El modo de operar en estos casos, ya ha sido expuesto en párrafos pertinentes en este informe, tales como permisos, bocatomas, división de las aguas, desarenadores y varios otros. También es similar en estos casos, la casa de máquina y las instalaciones correspondientes.

Por lo anteriormente expuesto, en lo que sigue, se mencionan las etapas que podría ser necesario tratar, haciendo las referencias acerca de las construcciones e instalaciones ya analizadas en otros capítulos.

#### **A.6.1. Riego por Aspersión.**

Permisos y Disposiciones Legales. Cuando se trata de un canal con varios usuarios, es necesario tener un permiso o acuerdo con la asociación del canal, para derivarla parte alícuota correspondiente al presente uso u otros. En el caso de una bocatoma, en un curso natural de agua, deben cumplirse preceptos legales de diversa naturaleza.

Estudio Agrológico. Efectuar un estudio, empleando un plano a la escala definida en las Bases de los Concursos de la LFR, determinando, entre otras variables, características del suelo, el área apta para los cultivos y definición de éstos.

Topografía. Disponer de un plano a una escala que permita hacer el diseño de las obras del proyecto. Instalar PR estables, en zonas necesarias para el estudio y control de la construcción de las obras.

Fuente de Agua. Determinar esta fuente, a partir de sus orígenes hasta el dispositivo desde el cual los mecanismos de elevación mecánica derivan agua y le proporcionan presión, para alimentar las tuberías para el riego, y hacer los estudios y diseños pertinentes de las obras necesarias.

Casa de Máquinas. Es la construcción donde se instalan los equipos de elevación, de aditivos del agua para cultivos y varios de operación del sistema. Diseñar una habitación de albañilería de ladrillo y hormigón armado e igualmente los componentes de elevación mecánica y los de entrega del agua a las tuberías.

Tuberías. El conjunto de tuberías, necesarias para la alimentación del sistema de riego, comprenden la denominada principal, la cual deriva de la casa de máquinas y alimenta una secundaria, desde la cual deriva una de distribución de agua a los cultivos. Cada una de éstas, es materia de un estudio específico.

Tubería Principal. Esta tubería sale de la casa de máquinas y alimenta a la tubería secundaria. Debe definirse el material componente, los elementos de unión, el caudal que conducirá, el diámetro y otros parámetros de operación y mantenimiento.

Tubería Secundaria. Es alimentada por la tubería principal y, a su vez, proporciona agua a la tubería de distribución. Deben efectuarse estudios similares a los de la tubería de distribución.

Tubería de Distribución. Esta tubería tiene por objeto proporcionar agua para el riego de cultivos, para cuyo objeto va equipada con elementos denominados aspersores. Los diseños son similares a los indicados anteriormente.

Aspersores. Hay de diversos tipos, cuya elección depende de las condiciones de riego dispuestas en el proyecto.

Excavaciones y rellenos. El estudio debe especificar las excavaciones que es necesario efectuar, lugares de depósitos y los rellenos que deben llevarse a cabo, en especial sobre la red de tuberías del sistema de riego.

#### **A.6.2. Riego por Goteo.**

Este sistema de riego es semejante en algunas actividades, construcciones y cumplimiento de preceptos legales, al riego por aspersión, ya tratado anteriormente, por lo cual no se detallarán. Estos son: Permisos y Disposiciones Legales, Estudio Agrológico, Topografía y Fuente de Agua. En lo que sigue, se harán las recomendaciones de diseño pertinentes a las materias que son propias del riego por goteo.

Casa de Máquinas. Es la construcción de albañilería y hormigón armado donde va instalada la Unidad de Bombeo, el Cabezal de Control y el Tablero de Programación de Riego.

Unidad de Bombeo. Corresponde al equipo de aspiración del agua, desde la fuente de suministro hacia el Cabezal de Control y la Tubería de Riego.

Cabezal de Control. Es un sistema que controla la presión, los caudales de entrada y salida, filtra el agua y dosifica la adición de nutrientes y pesticidas, administrados a través del agua de riego.

Tablero de Programación de Riego. Este sistema, tiene por objeto programar el riego por sectores. Controla y opera un conjunto de válvulas solenoide, que se abren o cierran, de acuerdo al riego diseñado.



Tuberías. El Cabezal de Control alimenta a la Tubería Principal y de ésta, a la Secundaria y posteriormente la Lateral, la cual lleva insertos los goteros. Cada una de estas tuberías, es materia de un estudio específico.

Tubería Principal. Deriva de la Caseta de Control y alimenta la Tubería Secundaria. Es necesario definir el material componente, los elementos de unión, el caudal de derivación y varios de operación y mantenimiento. Esta tubería, se construye enterrada.

Tubería Secundaria. Es alimentada por la tubería principal y, a su vez, proporciona agua a la tubería de distribución. Deben efectuarse estudios similares a los de la tubería de distribución.

Tubería Lateral. Esta tubería tiene por objeto proporcionar agua para el riego de cultivos, mediante goteros, equipados con aspersores especiales.

Válvulas. El sistema de riego por goteo, precisa de un conjunto de válvulas de operación y control, las cuales pueden ser manuales o automáticas. Usualmente son de retención, de corte, de regulación de presión y de acción continua aire -vacío.

Goteros. Son dispositivos que proporcionan agua a los cultivos gota a gota, o sea, a presión cero. El caudal que entregan los goteros, se expresan en 1/hora, los cuales fluctúan entre 1 y 10 1/hora, valor que depende del proyecto.

#### **A.6.3. Riego por Microaspersión.**

El principio de funcionamiento de este sistema es similar al de aspersión, en cuanto que ambos riegan mediante un chorro de agua, como una precipitación. La diferencia radica en que el riego por microaspersión funciona con una cobertura y presión inferiores al de aspersión y el riego se efectúa con boquillas cercanas al cultivo y a baja altitud.

Los Requerimientos y Características Técnicas del riego por microaspersión, son semejantes a los del riego por goteo, con una estructura igual de suministro y distribución.

Las Fuentes de Agua, Casa de Máquinas, Unidad de Bombeo, Cabezal de Control, Tablero de Control y la Red de Tuberías, cumplen funciones prácticamente iguales a las del sistema de riego por goteo. El riego por microaspersión precisa que su boquilla proporcione un caudal superior que el de los goteros. En consecuencia, la Inspección deberá controlar que se cumplan los requerimientos comunes indicados y, además, las características y funcionamiento de las boquillas. Éstas deben ser del tipo e instaladas en la tubería, tal como se indica en los planos. Es preciso verificar que la presión y el gasto proporcionado por las boquillas, corresponde a las exigencias del estudio.

## **ANEXO 7. OBRAS DE DRENAJE. Recomendaciones de Diseño.**

### **A.7.1. Estudios.**

Estas obras, destinadas a avenar un suelo con exceso de agua, son necesarias en áreas agrícolas, en que la abundancia de agua perjudica o imposibilita el crecimiento de los cultivos. En el saneamiento de suelos, el drenaje es de mayor trascendencia que otros tratamientos.

Topografía. Es necesario disponer de un plano topográfico, con curvas de nivel, que comprenda el área con exceso de agua y que precisa drenaje. Esta cartografía deberá efectuarse a escalas que permiten el análisis y diseño de las obras respectivas.

Permeabilidad del Suelo. El estudio, en adición al de otras materias, debe incluir la determinación de la conductividad hidráulica o permeabilidad, para cuya medición hay diversos procedimientos, entre los cuales es usual la excavación con calicatas. El conocimiento de la permeabilidad del suelo, es fundamental para ejecutar un proyecto de drenaje.

Nivel Freático. Para proyectar un sistema de drenaje, es importante el conocimiento de los niveles freáticos y sus variaciones, así como del sentido del flujo, antecedentes que condicionan el tipo de solución adoptada.

Origen y Caudal Necesario a Drenar. EL anegamiento de un suelo puede ser producido por diversas fuentes, por lo cual, es necesario tener conocimiento del origen, volumen normal y de los excesos de agua y la evolución del nivel freático. Estas variables son determinantes, principalmente de la solución del sistema de drenaje y de las dimensiones de las obras respectivas.

El estudio consiste en hacer un balance entre las extracciones de agua y las variaciones del nivel freático. El agua de recarga proviene de diferentes fuentes, tales como la precipitación, el agua de riego, aportes de predios cercanos y varios otros. De lo anterior, se desprende que deberá analizarse una información variable en el tiempo y, por tanto, el balance debería considerar períodos de recurrencia.

Una vez determinada la relación caudal extraído vs. nivel freático, se podrá definir el caudal que es necesario evacuar para deprimir el dicho nivel a cotas compatibles con la producción agrícola programada.

Impactos sobre el medio ambiente. Los Proyectos de drenaje deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), si corresponden con las características indicadas en el Artículo 10° de la Ley Nº 19.300, Bases del Medio Ambiente y en el Artículo 3, letra a) del Reglamento de dicha Ley.

### **A.7.2. Obras.**

El drenaje de suelos puede efectuarse mediante obras que operan por efecto de la fuerza de gravedad, como son los canales y tuberías. En este caso, el sistema de drenaje puede incluir, principalmente, un conjunto de canales, tuberías, colector dren - topo y diversas obras anexas. También, el avenamiento puede efectuarse mediante el uso de bombas. La solución que se adopte en el proyecto, es una decisión económica que depende de las condiciones topográficas, extensión del suelo inundado, los cauces de evacuación, la necesidad de uso del agua y otros. Definidas las variables que permiten la ejecución de un proyecto de drenaje, procedería llevar a cabo las siguientes acciones:

Planificación. En un plano, con curvas de nivel, trazar la red de canales, tuberías y obras anexas de un sistema gravitacional o de elevación mecánica, según corresponda. Determinar los drenes receptores y los evacuadores hacia un curso receptor de agua.

Caudal. Calcular el caudal de diseño, según la probabilidad de ocurrencia considerada conveniente.

Excavación en zanja de drenaje. Determinar su profundidad de acuerdo a los cultivos por regar.

Dimensión de las Obras. Dimensionar en los canales la mesa, las secciones de la cuneta y revancha, taludes, pendientes y otros atinentes a canales. También, determinar las secciones de las tuberías.

Filtros y Geotextiles. Para evitar la posibilidad de colmatación de las tuberías con el material fino que la rodea, el proyecto debería diseñar un filtro, constituido con materiales granulares o bien, emplear un Geotextil.

Rellenos. Especificar el modo de ejecución del relleno de la tubería, procurando que sea a medida que se vaya instalando, a fin de evitar el impacto de piedras. Especificar las etapas y condiciones del relleno, en cuanto al material empleado y el apisonado.

Obras Terminales. Hacer un estudio de las obras de vaciamiento del agua drenada, hacia cursos naturales o artificiales.

Botaderos. Indicar en los planos, las zonas de depósito de desechos, proveniente de la construcción de las obras.

Verificación de impacto sobre el medio ambiente y ecosistemas. El impacto sobre el medio ambiente debe ser evaluado por especialistas de la Institución respectiva (CONAMA - COREMA), pero la inspección CNR, debe verificar si el solicitante cuenta con las autorizaciones o vistos buenos si corresponde.