

## CAPÍTULO 4

### MANTENIMIENTO CORRECTIVO

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen las actividades y procedimientos requeridos para realizar un mantenimiento correctivo eficaz. En todos los casos, es necesario encontrar la causa de falla para garantizar su reparación a largo plazo. Las fallas o daños son producto de un proceso gradual de deterioro debido a las condiciones de servicio o bien, son originados por los efectos repentinos de un evento extraordinario. En los siguientes subcapítulos se expresan las recomendaciones pertinentes de acuerdo a cada tipo de elementos que componen a una Central Hidroeléctrica.

#### 4.2. OBRAS DE CAPTACIÓN

##### 4.2.1. Presa derivadora

Si el terreno al pie del paramento aguas debajo de una presa vertedora ocurre socavación debida a la caída de agua, el daño se corrige o se elimina con revestimientos de zampeado o losas de concreto o bien, con la disposición de elementos disipadores de energía en la rampa de descarga (Figura 4.1). Las actividades previas a la construcción de dichas protecciones son:

- Retirar el azolve, suelo orgánico, saturado o suelto.
- Colocar material de mejoramiento sobre el terreno (relleno impermeable) en casos de suelos de arcillas expansivas, lodo, turba, caliche, entre otros.
- Nivelar el suelo, rellenando las oquedades con concreto ciclópeo (en los casos necesarios) antes de colocar el relleno de mejoramiento o desplantar el revestimiento.
- Compactar el suelo o el relleno con equipo manual o mecánico.
- Trazar el área a proteger y llevar a cabo los trabajos de construcción del revestimiento, los que pueden ser:

##### **Revestimiento con zampeado**

Las piedras del zampeado se colocan de la siguiente forma:

- Picar (con barretas, cuñas o picos) la superficie de contacto con el paramento aguas debajo de la descarga para asegurar la adherencia con el nuevo mortero del zampeado.

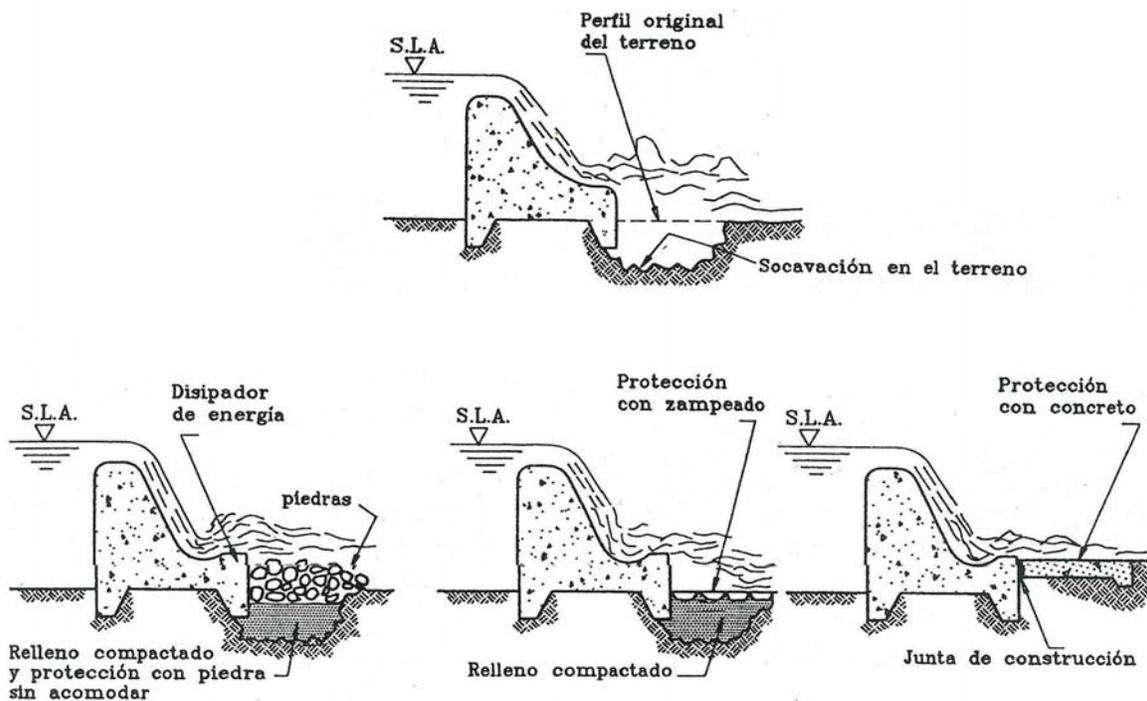
- Colocar reventones de hilo para nivelar y dar pendiente a la superficie del zampeado (2% como mínimo).
- Iniciar la colocación del zampeado. Pegar con mortero piedra a piedra o bien, vaciar el mortero en áreas pequeñas y colocar la piedra sobre él. Nivelar la superficie con un escantillón (regla de madera) apoyándose en los reventones.

El espesor del zampeado debe ser de 20 a 30 cm, dependiendo de las condiciones del terreno, y a juicio del ingeniero responsable.

### **Revestimiento con losas de concreto**

Sus trabajos de construcción son similares a la disposición de pavimentos y pisos rígidos de concreto hidráulico, como sigue:

- Preparar el terreno de desplante (limpiar, nivelar y compactar en caso necesario), adicionar un riego de impregnación con asfaltos rebajados y de fraguado medio. Este riego protege la superficie del terreno contra el deterioro por maniobras de construcción y da una buena impermeabilización contra las filtraciones del subsuelo.
- Determinar por diseño si las losas requieren acero de refuerzo, por los efectos de temperatura, peso propio y otras acciones.
- Colocar el concreto de las losas monolíticamente para evitar juntas frías que originen zonas permeables.
- Dar al concreto la calidad para incrementar su resistencia a la abrasión y a las sustancias provenientes del suelo, así como para incrementar su impermeabilidad.
- Pulir la superficie terminada del revestimiento y, en caso necesario, protegerla con algún tipo de recubrimiento impermeabilizante.
- Construir una junta de contracción entre la superficie de contacto de la losa de revestimiento y el dentellón de la rampa de descarga, para absorber los cambios volumétricos por temperatura y prevenir fallas.



**Figura 4.1. Daño y reparación del terreno al pie de una presa de derivación (CFE, 1991)**

#### 4.2.2. Obra de toma

##### Estructura a pie de presa y en tanques de regulación

La reparación del concreto en estas estructuras debe atenderse oportunamente para evitar daños graves que aumenten el riesgo de falla. Los elementos importantes donde se proponen actividades correctivas como la reparación de superficies erosionadas; de fracturas y despostillamientos por sobrecarga, impacto o sismo; la restitución del concreto que recubre el acero de refuerzo, y el sellado de las juntas frías, son:

- Columnas
- Muros y taludes de contención
- Estructuras de guía y apoyo de compuertas
- Estructuras de apoyo de mecanismos de operación

Después de toda reparación, programar la restitución general del recubrimiento anticorrosivo en todas las superficies metálicas de elementos tales como escaleras marinas, barandales, rejillas de la obra de toma, etc.

### **4.3. OBRAS DE CONDUCCIÓN**

#### **4.3.1. Canales**

La mayor parte de los trabajos correctivos en canales se ejecutan durante las libranzas, por lo tanto se deben programar junto con las actividades de mantenimiento que requieran otras obras del Sistema de Conducción.

##### **Canales abiertos sin revestir**

La erosión del fondo, taludes, bermas y bordos provocan su deslave y filtraciones que se traducen en pérdidas considerables de gasto. Las Figuras 4.2 y 4.3 muestran las obras que pueden construirse para reparar los tramos afectados y que son:

- Muros de contención de concreto reforzado o mampostería, diseñados para soportar el empuje del relleno, la presión hidrostática o ambos, se deben desplantar desde el terreno firme.
- Terraplenes para conformar los taludes del canal afectados o deslavados. Rellenar los tramos erosionados o deslavados colocando material impermeable.
- Revestimiento del fondo y los taludes, en los casos donde las filtraciones no provoquen inestabilidad, pero que impliquen pérdidas y erosión.

Los revestimientos pueden ser rellenos de material impermeable, zampeados o losas de concreto reforzado, para su disposición se requiere de:

1. Retirar el azolve, material suelto, piedras y materia vegetal, si existen.
2. Afinar el terreno o terraplén, considerando un espesor del revestimiento de 20 a 30 cm y la pendiente del lecho.
3. Rellenar oquedades con tierra compactada o concreto hidráulico anclado o terraplén con varilla de acero.
4. Sellar las grietas del terreno.
5. Conformar el fondo y los taludes del canal, compactándolos en forma manual o mecánica, para dar una superficie uniforme y la pendiente requerida.
6. Colocar el revestimiento.

Un revestimiento de concreto (simple o reforzado) se debe justificar si el grado de erosión y las filtraciones son de gran magnitud. Este revestimiento se puede hacer con losas de 10 cm de espesor, reforzada con varilla corrugada en ambas direcciones o malla electrosoldada.

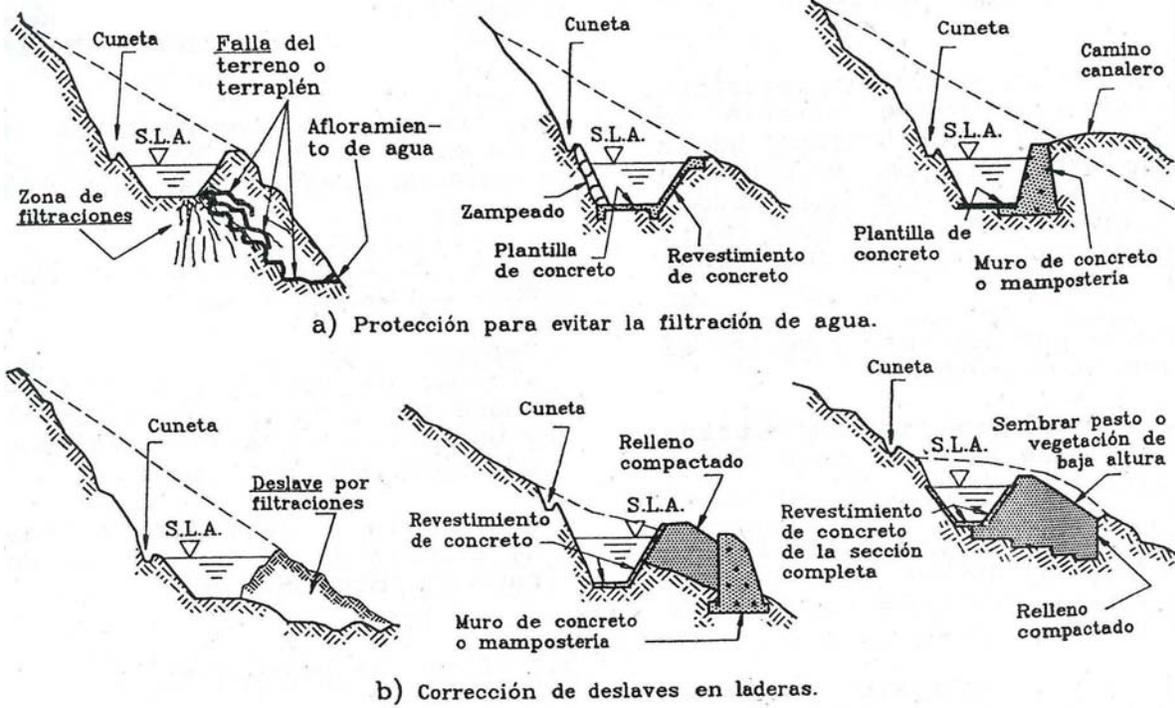


Figura 4.2. Protección de canales sin revestir (en laderas) (CFE, 1991)

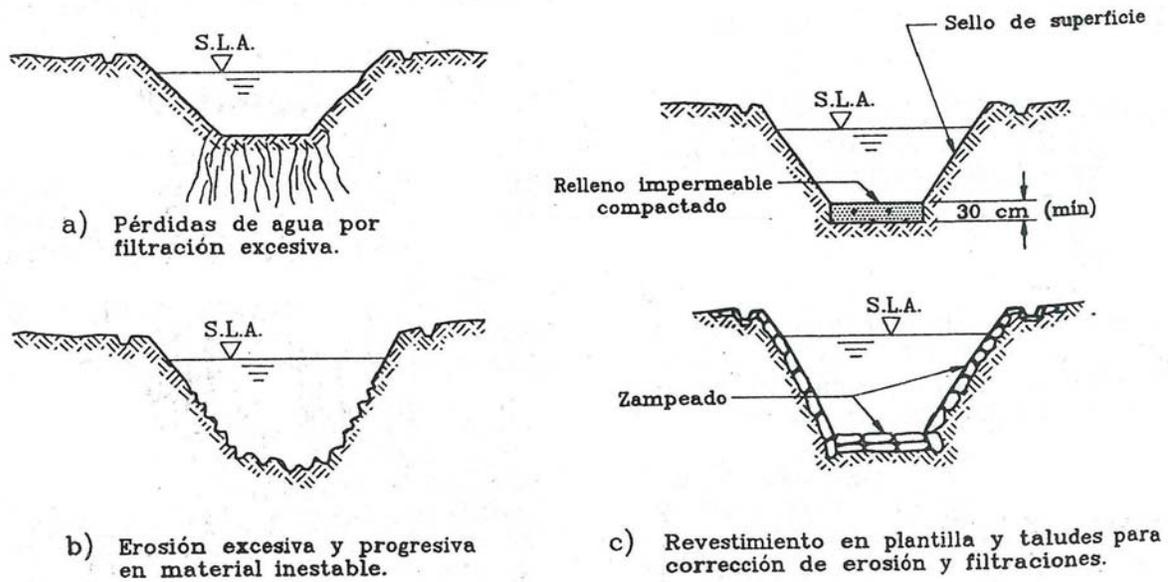


Figura 4.3. Reparación de canales sin revestir (CFE, 1991)

### Canales abiertos revestidos

Las actividades correctivas de reparación o reposición de su revestimiento se requieren por diversos problemas como son:

- Grietas en muros contenedores de mampostería provocadas por asentamiento y volteo debido a la presión hidrostática. Para su tratamiento véase la Tabla 4.1 y la Figura 4.4.
- Falta de sello por fracturas en el zampeado o en las losas de concreto y grietas en sus juntas, provocadas por el asentamiento o abombamiento del revestimiento.

Los trabajos para la reparación de fallas en el zampeado se describen en la Tabla 3.1. Las losas de concreto se reparan como sigue:

1. Eliminar todos los fragmentos flojos en la zona afectada (demoler y retirar).
2. Remover y retirar todo el material suelto.
3. Hacer una excavación hasta terreno sano, en forma de cajón, sin dañar el terreno de apoyo del concreto adyacente.
4. Rellenar por capas de 15 cm y compactar manualmente (con “bailarina”) hasta llegar al nivel de desplante de la losa adyacente.
5. Colocar y traslapar el acero de refuerzo. Si las varillas no se pueden traslapar lo suficiente, tendrán que soldarse.
6. Fijar la cimbra y colar el concreto nuevo.

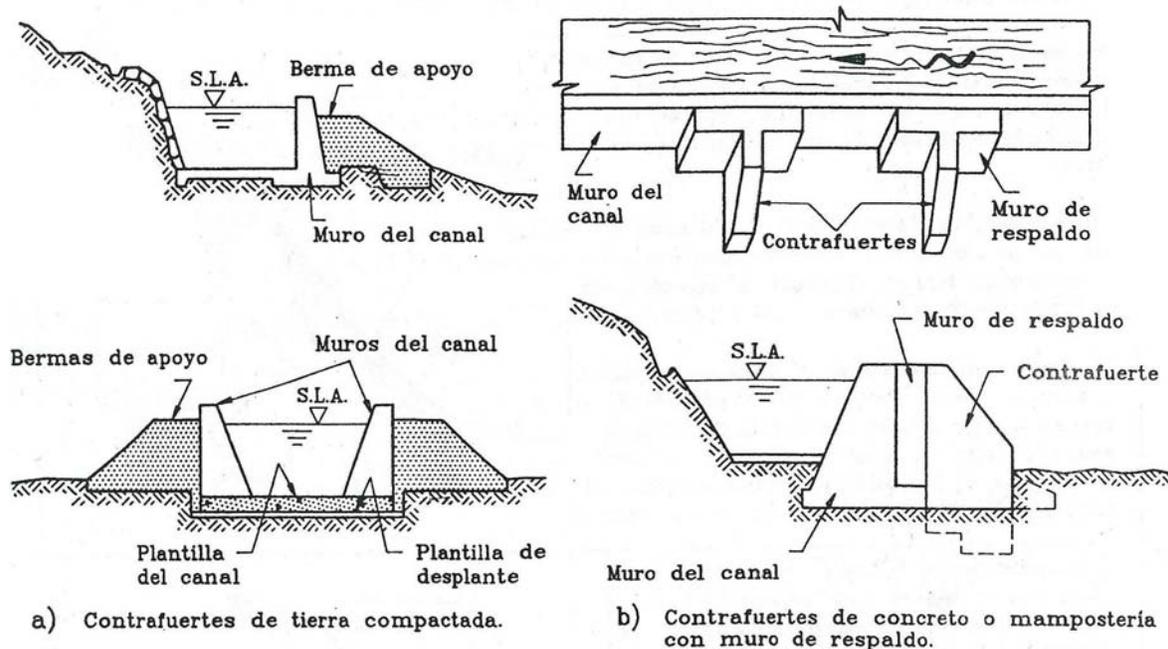


Figura 4.4. Estructuras para apoyo de muros de canales, contra el volteo (CFE, 1991)

**Tabla 4.1. Reparación de muros de mampostería.**

A. Por grietas (sin asentamiento del muro)
<p>1. Las grietas menores a 25 mm de abertura y sin desfaseamiento entre sus caras se pueden resanar al procedimiento (A) Grietas (en zampeados) de la Tabla 3.1.</p> <p>2. En grietas mayores a 25 mm de abertura, o menores con desfaseamiento entre sus caras, se recomienda:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Demoler ambos lados de la grieta. Quitar todo el mortero viejo, dejando a la vista únicamente la piedra.</li> <li>b) Limpiar todo el material removido y lavar con chorro de agua.</li> <li>c) Humedecer las caras y las piedras por colocar.</li> <li>d) Iniciar la reconstrucción del tramo nuevo, colocando la piedra en forma “cuatropiada” y junteada con mortero (cemento-arena 1:5), llenando perfectamente todos los huecos.</li> <li>e) Las juntas no deben ser mayores a 3 cm ni estar rellenas con pedacería de piedra.</li> <li>f) Plomear adecuadamente el nuevo tramo, con respecto al trazo original del muro.</li> <li>g) Evitar el uso de piedras menores a 20 cm de tamaño tanto como sea posible.</li> </ol>
B. Por asentamiento o volteo
<p>1. Apuntalar todo el tramo fallado. Si no existen grietas, evaluar visualmente su estabilidad y recomendar: demolición parcial o total, construcción de contrafuertes, bermas o muros de apoyo (figura 4.4).</p> <p>2. Para la reconstrucción del tramo nuevo, considerar lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Revisar y determinar la causa del asentamiento (terreno flojo, filtración de agua en el desplante, socavación en el desplante, etc.).</li> <li>b) Retirar todo el material suelto y sellar las fisuras en el terreno o revestimiento de la plantillas.</li> <li>c) Excavar una zanja para el desplante del muro hasta encontrar terreno firme y sano.</li> <li>d) Colocar una plantilla de concreto ciclópeo, a nivel (escalonar si es necesario) de 10 a 15 cm de espesor.</li> <li>e) Desplantar la mampostería</li> </ol>

#### 4.3.2. Conductos cerrados parcialmente llenos

##### Túneles

Los aspectos de mayor importancia, que requieren mantenimiento correctivo se refiere a:

- Filtraciones a través de fracturas en la roca o grietas en el revestimiento.
- La estabilidad de la roca o de su revestimiento.

De lo anterior se deduce que los trabajos correctivos son:

- Corregir el origen de las filtraciones. Los procedimientos correctivos para evitarlas dependen del material de la pared del túnel (revestida o no revestida), del tamaño y número de grietas o fracturas encontradas en la roca o el revestimiento, y del servicio del túnel.

- Disponer anclajes o revestimientos parciales (o totales) para proteger a la roca.
- Reparar los desprendimientos de la pared anclando el refuerzo y el material nuevo.

### **Cajones de concreto**

Los trabajos correctivos que estos conductos requieren son:

- Cambiar tramos fracturados del conducto por impacto, asentamiento o sobrecarga (Figura 4.5a). En general el procedimiento es:
  1. Cortar en forma recta el tramo fracturado a cada lado de las grietas, hasta el concreto de buen estado.
  2. Preparar las caras cortadas y alinear el tramo nuevo hasta obtener un buen ajuste de las juntas constructivas para lograr una unión segura (Figuras 4.5b y 4.5d).
- Rellenar los tramos sin soporte, para evitar asentamiento del conducto, en la siguiente forma:
  1. Retirar (cortar) el tramo de conducto fallado, si éste es el caso.
  2. Limpiar el área afectada del terreno. Excavar una caja en el terreno hasta suelo firme.
  3. Colocar elementos de apoyo uniforme para sostener el conducto, si éste no está fallado (Figura 4.6).
  4. Rellenar la caja excavada con suelo-cemento, tierra compactada, concreto hidráulico o ciclópeo.
  5. Proteger el terreno con zampeados, en ambos lados del conducto, para evitar erosión (Figura 4.5c).
- Dar protección al conducto contra los derrumbes en las laderas superiores o deslaves del terreno de apoyo, disponiendo contracunetas y lavaderos, muros de protección y contención (Figura 4.7).

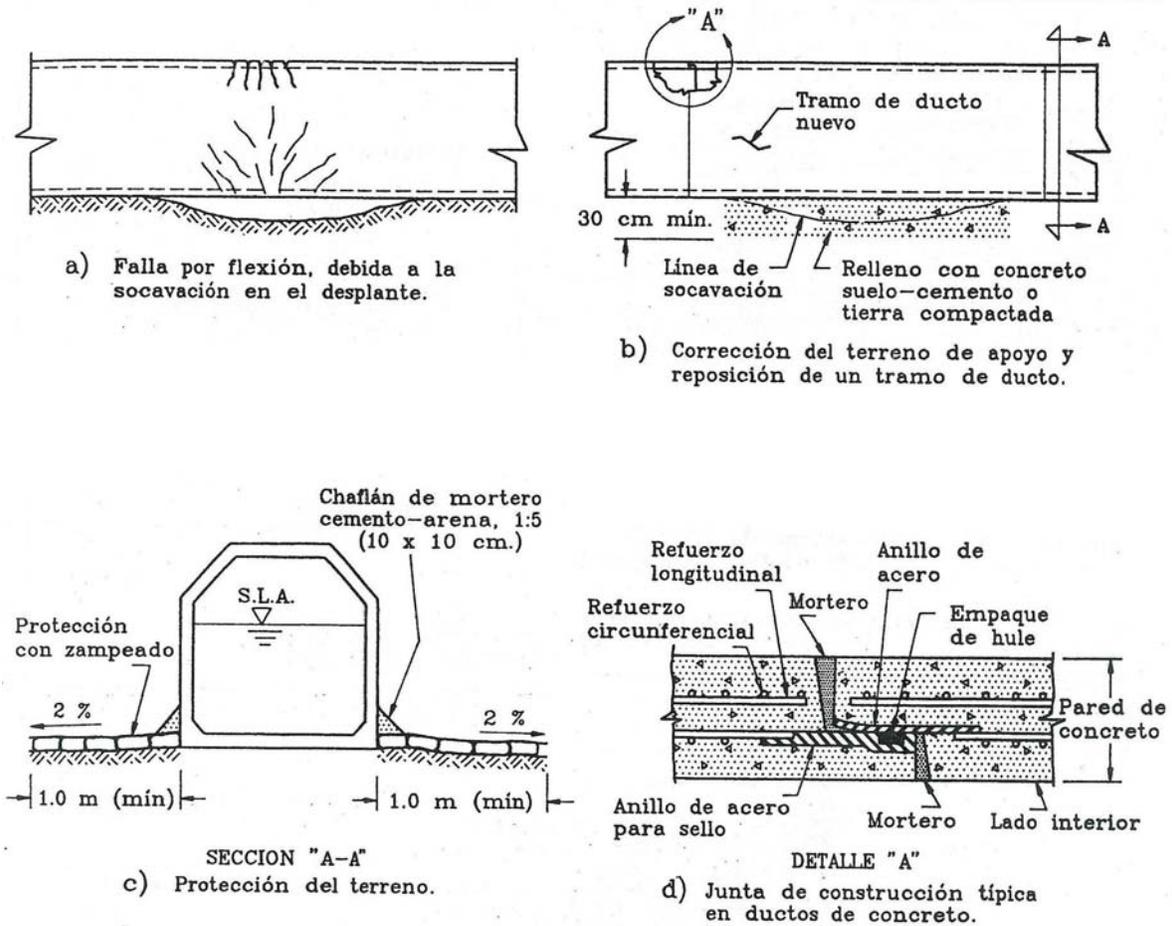


Figura 4.5. Reconstrucción de un tramo fallado de cajón de concreto (CFE, 1991)

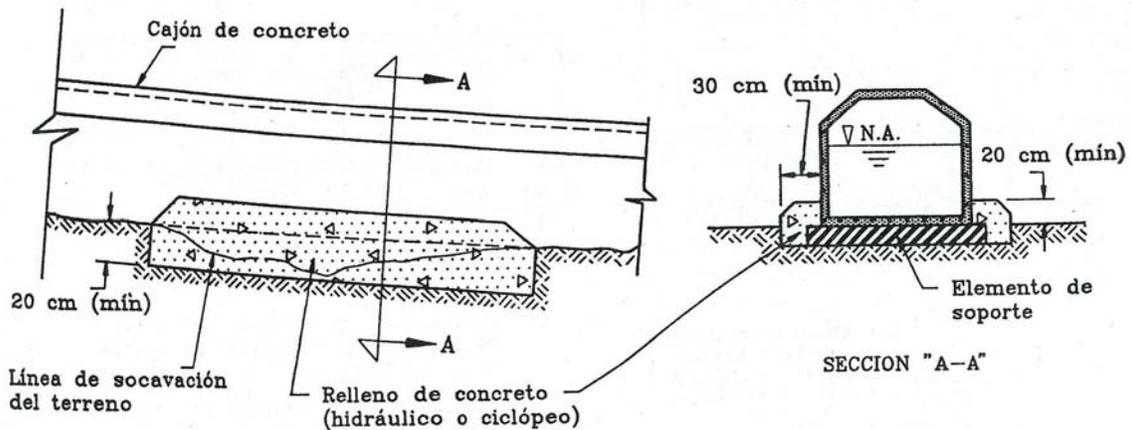
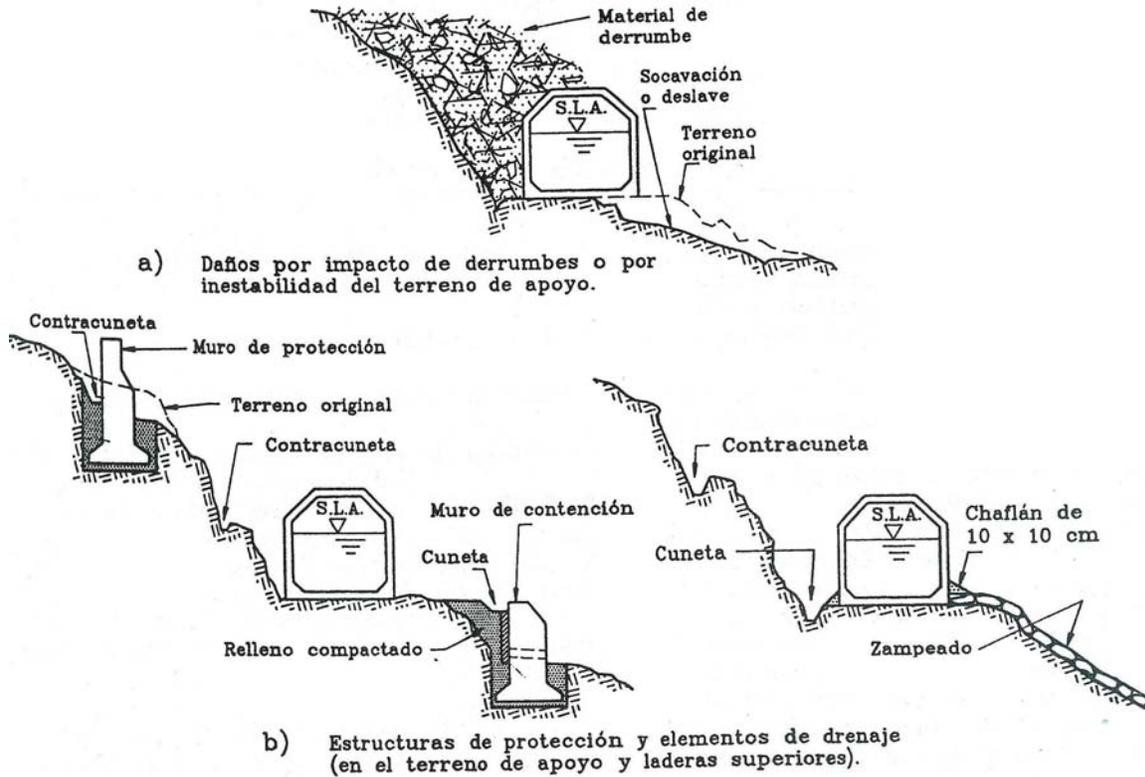


Figura 4.6. Reparación de la socavación del terreno de apoyo, para evitar la ruptura por flexión (CFE, 1991)



**Figura 4.7. Obras de protección contra acciones externas que provocan fallas a los cajones de concreto (CFE, 1991)**

#### 4.4. TANQUES DE REGULACIÓN

El primer trabajo correctivo necesario en este tipo de obra es su desazolve total, para lo que se requiere:

- Vaciar el tanque y suspender el suministro de agua.
- Desazolvar mediante el método que más conveniente de acuerdo al estado en que se encuentre el azolve en el tanque. El desazolve con maquinaria es más rápido, sin embargo, para no dañar la losa de fondo, se recomienda evitar el uso de máquinas con orugas.

Después de los trabajos de desazolve se inspecciona el revestimiento interior (losa de fondo y muros) y una vez evaluadas sus condiciones, se marcan las áreas que requieren reparación, indicándola en un croquis (incluir fotografías). También las losas pueden agrietarse, en este caso los trabajos correctivos son:

- Reparar el sello de las juntas entre las losas de concreto del fondo.
- Quitar las losas que presenten fracturas (rellenar los huecos en el terreno, donde sea necesario). Reconstruirlas y reforzarlas con acero (varilla o malla electrosoldada).
- Levantar las losas desalineadas y corregir su desplante. Colocar las que sean reutilizables o reponerlas con concreto nuevo.
- Construir juntas entre las losas, con un material que soporte los efectos producidos por las condiciones de servicio y temperatura.

#### **4.5. POZOS DE OSCILACIÓN**

Los trabajos correctivos de estas estructuras dependen de su disposición en el terreno, ya que ésta determina el tipo de material de construcción, por ejemplo:

##### **Pared de concreto**

Es importante evitar o reparar a tiempo daños como:

- Grietas y despostillamientos en el concreto. Las grietas de origen estructural deben ser evaluadas antes de su reparación.
- Cavidades por abrasión o cavitación en las paredes de la conexión con el conducto a presión.
- Abombamiento de la pared, se debe demoler la pared afectada y reconstruirla. El acero de refuerzo debe ser unido correctamente al refuerzo original.

##### **Pared metálica**

Los problemas a corregir en el cuerpo metálico se relacionan con la corrosión debida al ambiente húmedo, por lo que se requiere de:

- Dar protección anticorrosiva al cuerpo metálico exterior.
- Reparar picaduras o grietas en las placas de metal y las soldaduras. Estos daños son áreas críticas de corrosión.
- Reparar las placas dañadas por impacto o desprendidas. En estos casos se requiere cortar (con soplete de acetileno) el área afectada y soldar una nueva pieza metálica. Al terminar la reparación se limpia la superficie para aplicar un recubrimiento anticorrosivo.
- Inspeccionar la verticalidad del cuerpo, esto puede hacerse con un tránsito o teodolito.

- Dar una protección catódica a los elementos metálicos sumergidos permanentemente, durante las libranzas.

En los pozos exteriores protegidos con una malla de alambre, se necesitan trabajos correctivos por:

- Corrosión o deterioro de la malla y los elementos metálicos de apoyo. Cambiar los elementos dañados por otros bien protegidos.
- Flexión y deformación de los elementos de apoyo. Incluir más elementos para aumentar la resistencia de la estructura soporte.
- Acumulación de basura, ramas y troncos sobre la malla. Quitar los objetos caídos sobre la malla y reparar los daños.
- Desprendimiento de los anclajes perimetrales de la malla y sus soportes. Colocar más elementos de anclaje o reponer los dañados.
- Tensar la malla protectora, con el fin de evitar que se flexione.
- Considerar elementos de drenaje, para evitar el arrastre de objetos y basura al interior del pozo, mediante cunetas, contracunetas, entre otros.

#### **4.6. TÚNEL DE ACCESO A CASA DE MÁQUINAS**

El mantenimiento correctivo en esta área se realizará de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

- Realizar las acciones correctivas necesarias para evitar los desprendimientos de material en el talud de la entrada y en las paredes de la bóveda. En algunos casos es común el uso de anclas para sujeción del macizo rocoso, en combinación con un recubrimiento a base de concreto lanzado. Esto requiere personal y equipo especializado.
- Realizar un tratamiento apropiado en la bóveda para corregir humedades y filtraciones excesivas.
- Reparación de fisuras y grietas en los elementos de concreto (portal, muros y banquetas).
- Reparación del piso del túnel.
- Reparación de alcantarillas y pozos de visita.

#### **4.7. LUMBRERAS**

Las actividades correctivas más importantes en las lumbreras son:

- Reparar grietas y desprendimientos del revestimiento del concreto.
- Dar tratamiento a las filtraciones.
- Proteger el brocal, mediante una caseta o tapa de cubierta (si no existe) para evitar la entrada de agua, objetos o materia de caídos, y aislarla de personas ajenas a las instalaciones.
- Reparar daños en escaleras de concreto o metálicas y sus barandales.
- Evaluar los daños en las compuertas o los desperfectos en válvulas (en lumbreras de inspección y mantenimiento de compuertas o válvulas) para programar y determinar el mantenimiento correctivo necesario.
- Colocar un revestimiento apropiado (aplanado de mortero o pared de concreto reforzado, colado o lanzado), en lumbreras sin revestimiento interior, para evitar caídos o filtraciones.

#### **4.8. TÚNEL DE DESFOGUE**

Este tipo de estructuras puede presentar deterioros que requieren de un mantenimiento correctivo y que esté relacionado con lo siguiente:

- Remoción y limpieza de las áreas de recubrimiento dañadas por los fenómenos de cavitación.
- Reposición del concreto de recubrimiento y/o la reposición de las placas de acero del recubrimiento.
- Reparación de fisuras y grietas que aparecen en los recubrimientos de piso y paredes del túnel.
- Tratamiento y sellado de filtraciones en paredes y bóvedas de los túneles.

Para cualquier tipo de reparación es necesario contar con personal, equipo y materiales especiales pues se trata de estructuras en contacto con agua o sumergidas.

#### 4.9. CÁRCAMOS DE BOMBEO

Algunas de las actividades del mantenimiento preventivo pueden pasar a ser parte de actividades correctivas, según la extensión del daño y el tratamiento aplicado. Por ejemplo un tratamiento anticorrosivo completo en las rejillas de protección de estas estructuras incluye limpieza de superficie, aplicación y acabado del recubrimiento. Otra actividad correctiva es el reemplazo parcial o total de una escalera marina que esté corroída, o de una rejilla, y que no garantice cumplir adecuadamente su función. La obra civil compuesta por muros, pisos, techos o losas requiere ser repuesta cuando exista destrucción parcial, total, o por filtraciones excesivas.

#### 4.10. TRABE CARRIL Y GRÚA VIAJERA

El mantenimiento correctivo para la grúa viajera deberá ser atendido por el área electromecánica correspondiente; en lo que respecta al área civil, debela ponerse especial cuidado en lo siguiente:

- Rediseñar e instalar los contravientos necesarios.
- Reponer la trabe carril o el elemento que lo requiera.
- Corregir desalineamientos.
- Reponer los topes para detener el rodamiento (Figura 4.8).
- Revisar las condiciones del drenaje y mantener limpia la zona del rodamiento.

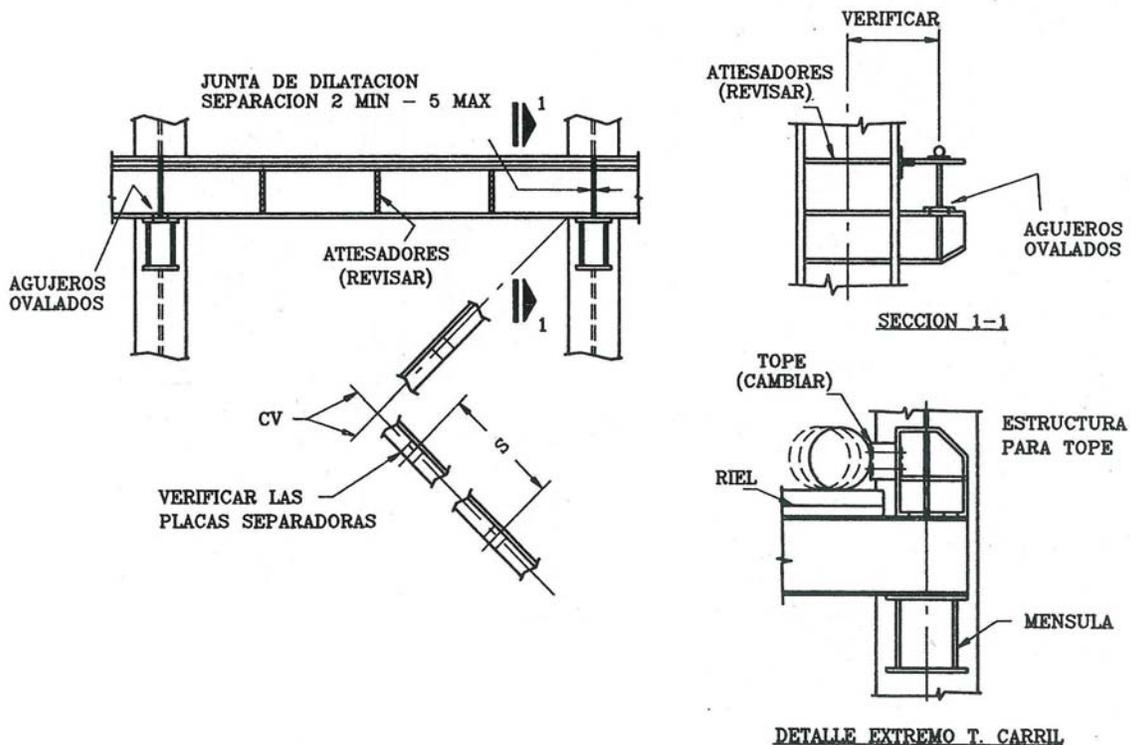


Figura 4.8. Mantenimiento de la trabe carril (CFE, 1991)

#### **4.11. CARCASA DE LA TURBINA Y TUBO DE ASPIRACIÓN**

La naturaleza vibratoria de la turbina puede causar que cualquier zona con falta de adherencia entre la carcasa y el concreto, no tratada con oportunidad, aumente indefectiblemente con el tiempo, y que incremente el riesgo de un daño estructural. Considerar una reparación urgente, de este tipo de problemas, inyectando resinas mediante el siguiente procedimiento:

- Desalojar el agua de la carcasa.
- Demarcar la zona despegada
- Barrenar en los extremos (superior e inferior) de la zona previamente definida con agujeros de diámetros menores de 1/4" (6.4 mm) y hacerles cuerda fina.
- Inyectar por el barreno ubicado en la parte inferior hasta que la resina aflore por el otro barreno. En caso de que no aflore la resina y no sea posible continuar inyectando, debe hacerse otro barreno intermedio hasta lograr llenar toda la zona demarcada.
- Tapar los barrenos con tornillos de cuerda fina y soldarlos a la carcasa; esmerilar el área para suavizar la superficie.
- Si la oquedad entre la lámina y el concreto es grande debe inyectarse lechada de cemento en lugar de resina.

Para el tubo de aspiración se recomiendan las siguientes actividades correctivas:

- Reparación de fisuras o picaduras en la lámina del tubo.
- Reparación de fisuras o picaduras en los cordones de soldadura del tubo.
- Inyección de resinas en las áreas donde se haya detectado desprendimiento entre el tubo y el concreto.
- Reparación de daños causados por cavitación: reemplazo de lámina o recubrimiento en zonas de desgaste considerable.

#### **4.12. SISTEMA DE VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO**

Este equipo es eminentemente mecánico, sin embargo el mantenimiento civil correctivo debe incluir lo siguiente:

- Ajuste y/o reposición del anclaje.
- Sellado adecuado entre los equipos y las paredes o techos.
- Ajuste de las anclas de los motores de aire.
- Reparación de tirantes sueltos en los ductos de aire.
- Reposición de camas o apoyos amortiguados.
- Evaluación de la capacidad del equipo, en condiciones normales o por ampliación.

#### **4.13. INSTALACIÓN HIDRÁULICA Y SANITARIA**

##### **Instalación hidráulica**

Las acciones correctivas para las instalaciones hidráulicas consisten en la reparación de las fallas detectadas en las inspecciones o mantenimiento preventivo, que por diversas circunstancias no pudieran corregirse con la oportunidad y facilidad requeridas. Por lo que será necesario tener que suspender, por un cierto periodo, el suministro de los servicios para efectuar las reparaciones. En el caso de los sistemas de tuberías los trabajos que comúnmente se realizan son: soldaduras, cambio de tramos de tubos corroídos o colapsados, cambio de conexiones, sustitución de juntas, conexiones y accesorios, arreglo o cambio de válvulas en las que normalmente se deterioran los asientos.

El mantenimiento correctivo también comprende el arreglo de las fallas en los reductores de presión, en los dispositivos de alivio y en las válvulas de seguridad y desagüe. Cuando se tengan que sustituir tuberías antes de instalar la nueva, éstas se limpiarán interiormente por inyecciones de aire a presión o vapor, para después enjuagarlas con agua. Cuando se reparen tuberías debe asegurarse que no entren en contacto entre si metales distintos ya que, con determinados metales como el cobre y el hierro galvanizado se establece una acción electrolytica que provoca corrosión.

La reparación de fugas en tuberías de PVC significa el cambio las mismas, ya que generalmente las juntas son cementadas o pegadas. El mantenimiento correctivo para el caso de las bombas de agua abarca el arreglo o cambio de válvulas, estopeño, bujes, impulsor, chumaceras y flechas, hasta el reembobinamiento del motor.

##### **Instalación sanitaria**

Las acciones del mantenimiento correctivo comprenden la corrosión, reposición y construcción de los tramos y elementos de drenaje y alcantarillado que presentan fallas. Comprenden además la reposición de muebles sanitarios rotos.