

Empresa de Transporte de Pasajeros
METRO S.A.

INGENIERÍA DE DETALLE
OBRAS CIVILES
LÍNEA 4 – PROYECTO 1 – TRAMOS A3-D-E

PARA APROBACION DEL CLIENTE

- ☐ Aprobado
☐ Aprobado con Comentarios
☐ Rechazado y volver a emitir
☐ Aprobado sin revisión de METRO S.A.

INFORME TÉCNICO



PLAN DE CONTIGENCIA
SISTEMAS DE DRENAJE DE TÚNELES

FECHA

FIRMA

ZONA ESTACIÓN LAS MERCEDES

PK 23+065 A PK 23+971

A	27-ABR-06	EMITIDO PARA APROBACIÓN	L.B.V./C.M.C.	L.B.V.	G.C.H.S.		H.G.G.	
REV.	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISIÓN	Orig.	Rev.	J.Esp.	J.Proy.	D.Proy.	
  CONSORCIO ARA - INGENDESA			N° ORDEN : B02530					
			N° Documento : A3-INF-13-CE-028					REV. A
			N° Cliente :					
			HOJA 1 DE 15					

154-1184

23 MAR 2006

ÍNDICE

	Pág.
1. GENERALIDADES.....	3
2. OBJETIVO	3
3. ANTECEDENTES	3
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE	4
4.1 Sistema de drenaje de aguas superficiales	4
4.2 Sistema de drenaje de aguas de la napa	5
5. EVENTOS DE RIESGO Y CONSECUENCIAS	5
5.1 Sistema de drenaje de Aguas Superficiales	5
5.1.1 Eventos que pueden provocar la falla.....	6
5.1.2 Consecuencias de la falla.....	6
5.2 Sistema de drenaje de la Napa	7
5.2.1 Eventos que pueden provocar la falla.....	7
5.2.2 Consecuencias de la falla.....	8
6. PLAN DE CONTINGENCIA.....	8
6.1 Sistema de drenaje de aguas superficiales	8
6.1.1 Fallas por ingreso de agua al sistema	8
6.1.2 Fallas por mal funcionamiento.....	9
6.2 Sistema de drenaje de la Napa	12
6.2.1 Fallas por aumento brusco del caudal aportante de la napa.....	12
6.2.2 Fallas por mal funcionamiento del sistema.....	13
6.3 Inundación Subterráneos estación Las Mercedes y recinto SER.....	14
6.3.1 Estación Las Mercedes	14
6.3.2 Recinto SER.....	15

1. GENERALIDADES

En la zona de los túneles del Tramo A3, que comprende desde el PK 23+065 a PK 23+971, incluyendo la estación Las Mercedes, existen dos sistemas de drenaje, cada uno independiente y con objetivos distintos, estos son el Sistema de Drenaje de Aguas Superficiales y el Sistema de Drenaje de la Napa.

El Sistema de Drenaje de Aguas Superficiales tiene por objetivo captar, conducir y evacuar hacia el exterior de las obras las aguas superficiales provenientes de las lluvias y de la napa que se infiltre a través de los revestimientos.

El Sistema de Drenaje de la Napa tiene por objetivo reducir las sub-presiones que se producen bajo el radier de las vías, captando, conduciendo y evacuando las aguas hacia estratos profundos del terreno.

La Gerencia de METRO Línea 4, a través del Sr. Miguel Osorio, ha solicitado al Consorcio ARA-INGENDESA presentar un documento con información para saber como proceder en casos de emergencias provocados por anomalías en el funcionamiento de los sistemas de drenaje.

2. OBJETIVO

El objetivo del presente informe es señalar cuales son los eventos de riesgo que pueden provocar alguna emergencia en los sistemas de drenaje de los túneles del Tramo A3 de la Línea 4 de METRO, señalando cuales podrían ser las consecuencias productos de fallas del sistema y cuales serían las medidas de mitigación y corrección que habría que adoptar.

3. ANTECEDENTES

Para la ejecución del presente informe se cuenta con los siguientes antecedentes:

- Planos del sistema de drenaje
 - A3-PLA-12-CE-350
 - A3-PLA-12-CE-355
 - A3-PLA-12-CE-358
 - A3-PLA-12-CE-359
 - A3-PLA-12-CE-360
 - A3-PLA-12-CE-433
 - A3-PLA-12-CE-434
 - A3-PLA-12-CE-434-1
 - A3-PLA-12-CE-435
 - A3-PLA-12-CE-438
 - A3-PLA-12-CE-448
 - A3-PLA-12-CE-453
 - A3-PLA-12-CE-454

- A3-PLA-12-CE-455
 - A3-PLA-12-CE-458 F
 - A3-PLA-12-CE-459 F
 - A3-PLA-13-CE-412
 - A3-PLA-13-ST -311
- Informes Técnicos
 - A3-INF-13-CE-024. Manual de Mantenimiento Sistema de Drenaje de Túneles Zona Estación Las Mercedes. PK 23+065 A PK 23+971.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE

Para determinar cuales son los eventos de riesgo y como podría fallar los sistemas, es necesario conocer el funcionamiento de éstos y los elementos que los componen. A continuación se hace una descripción general de cada uno de los sistemas de drenaje, indicando como funcionan y los elementos que los componen.

4.1 Sistema de drenaje de aguas superficiales

El Sistema de Drenaje de Aguas Superficiales tiene por objetivo captar, conducir y evacuar hacia el exterior de las obras las aguas superficiales provenientes de las lluvias y de la napa que se infiltre a través de los revestimientos.

En condiciones normales se captan las aguas provenientes de las lluvias en las zonas que están expuestas en la superficie, es decir, en las obras exteriores como son, los tramos de interestaciones del Viaducto, los accesos a las estaciones y las ventilaciones. Todas estas aguas llegan a las canaletas ubicadas en el eje de las vías y son conducidas a través de ellas hacia el punto bajo del trazado ubicado en el PK 23+219,65, en donde se ubica la estación de bombeo, desde este punto se impulsa y evacua el agua hacia el exterior, específicamente hacia el Canal San José que corre debajo de la acera poniente de Av. Concha y Toro.

Los elementos que componen el Sistema de Drenaje de Aguas Superficial son:

- **Canaletas de vías**, ubicadas en eje de la vías.
- **Canaletas laterales**, ubicadas en las zonas de cambios de vías.
- **Sumideros**, uno por cada vía, ubicados en el punto bajo del trazado frente a la estación de bombeo en el PK 23+219,65.
- **Canal recolector subterráneo**, ubicado bajo las vías en el punto bajo del trazado, que conecta los sumideros con la sentina de la estación de bombeo.
- **Estación de Bombeo** ubicada en el PK 23+219,65, la que se compone de:
 - Sentina
 - Pique estación
 - Bombas Flygt
 - Tubería de impulsión
 - Sistema eléctrico de potencia
 - Sistema de control

4.2 Sistema de drenaje de aguas de la napa

Los túneles del Tramo A3 se ubican en una zona en donde existe en forma permanente una napa subterránea. Esta sufre fluctuaciones de niveles estacionales, las que dependen de las lluvias.

El Sistema de Drenaje de la Napa tiene por objetivo reducir las sub-presiones que se producen bajo el radier de las vías, captando, conduciendo y evacuando las aguas hacia estratos profundos del terreno. El correcto funcionamiento de este sistema es un elemento fundamental para la seguridad estructural del radier de los túneles.

En condiciones normales se captan las aguas subterráneas a través de la alfombra drenante ubicada bajo el radier de los túneles, se recolectan por el tubo colector, luego son conducidas a través de éste hacia las sentinas de los pozos de drenaje desde donde son evacuadas a través de los pozos profundos hacia los estratos permeables ubicados en las profundidades del terreno.

Los elementos que componen el Sistema de Drenaje de Aguas de la Napa son:

- **Alfombra drenante.** Cumple la función de captar el agua bajo los radieres de los túneles. Se ubica bajo los radieres de los túneles.
- **Tubo colector.** Cumple la función de captar y conducir el agua hacia las sentinas. Se ubica bajo el radier de los túneles.
- **Cámaras de Inspección.** Sirven como elementos de Inspección de los tubos colectores. Se ubican en puntos intermedios del tubo colector y frente a cada una de las grutas en donde se ubican las Sentinas.
- **Sentinas,** cumplen la función de acumular agua y conectarse a los pozos.
- **Pozos Profundos de Infiltración,** cumplen la función de evacuar el agua hacia los estratos permeables profundos del terreno.

En forma complementaria a los elementos principales del sistema descritos en el párrafo anterior y como elemento de seguridad, existen tubos de alivio de presiones ubicados en las tapas de las cámaras de inspección y en el extremo sur del túnel de 3 Vías en las cañaletas de vías, que permiten eventualmente salir el agua desde el Sistema de Drenaje de la Napa hacia el Sistema de Drenaje de Aguas Superficiales.

5. EVENTOS DE RIESGO Y CONSECUENCIAS

A continuación se señalan los eventos extraordinarios que podrían provocar una falla en los sistemas de drenaje y las posibles consecuencias de ello.

5.1 Sistema de drenaje de Aguas Superficiales

La falla del sistema de drenaje se produce por un aumento del caudal que ingresa al sistema más allá de la capacidad de evacuación de éste o por una disminución de la capacidad de evacuación.

5.1.1 Eventos que pueden provocar la falla

Los eventos extraordinarios que podrían provocar un aumento del caudal de ingreso al sistema son los siguientes:

- a) Aumento del caudal producto de aguas provenientes de inundaciones en la superficie, el origen de esto podría ser:
 - Inundaciones en la superficie producto de eventos extraordinarios de lluvias.
 - Inundaciones en superficie producto por roturas de matrices agua potable.
 - Inundaciones en superficie producto de desbordes de canales.
- b) Aumento del caudal producto de aguas provenientes de infiltraciones a través de los revestimientos de los túneles, el origen de esto podría ser:
 - Aparición de filtraciones por agrietamiento del revestimiento de los túneles.
 - Aparición de filtraciones a través de las juntas de dilatación o contracción en las que falle el sello de agua.
- c) Aumento del caudal producto de aguas provenientes de la napa subterránea que ingresan al sistema a través de los tubos de alivio de presiones existentes en las vías, específicamente en las tapas de las cámaras de inspección y en el extremo sur del túnel de 3 Vías.

Los eventos extraordinarios que podrían provocar una disminución de la capacidad de evacuación del sistema con el consiguiente peligro de inundación de los radiers de vías son los siguientes:

- d) Disminución de la capacidad de evacuación producto de obstrucciones o disminución de la sección de algunos de los siguientes elementos que componen la conducción: canaletas de vías, canaletas laterales, sumideros, canal colector subterráneo. Las obstrucciones o reducción de la sección se puede producir por la caída o transporte de materiales extraños como basura u otros, o por la acumulación de sedimentos.
- e) Disminución de la capacidad de evacuación producto de fallas en la estación de bombeo. Las fallas pueden ser por:
 - Relleno de la sentina con materiales extraños o sedimentos.
 - Falla mecánica de las bombas flygt.
 - Falta de energía para operar las bombas.
 - Falla en el sistema de control de las bombas.
 - Falla o rotura de las tuberías de impulsión.
 - Obstrucción de la evacuación en el canal San José.

5.1.2 Consecuencias de la falla

Las consecuencias de la falla del sistema de drenaje de aguas superficiales dependen de la magnitud del evento y ello queda determinado por el diferencial que se produce entre el caudal que ingresa al sistema y el caudal que es capaz de evacuar.

A continuación se señalan las posibles consecuencias de una falla del sistema:

- La primera consecuencia es la inundación del radier de las vías.
- Si el agua llega sólo hasta el nivel de los rieles se podría producir una interrupción del servicio por problemas de operación de los trenes.
- Si el agua llega al nivel de las canaletas de cables se podría producir interrupción del servicio por problemas eléctricos.
- Si el agua llega hasta los sensores de control ubicados en el eje de las vías sobre las canaletas, se podría producir una interrupción del servicio.
- Si se inundan los subterráneos técnicos ubicados en la estación Las Mercedes, se produciría una interrupción del servicio y daños a los equipos.
- Si la inundación alcanza niveles extremos podría inundar toda la estación, esto se produciría en un evento muy extremo y de baja probabilidad de ocurrencia, o en eventos inusuales en los que no se tomen las medidas de corrección adecuadas. De producirse esto, la interrupción del servicio sería prolongada y los daños cuantiosos.

5.2 Sistema de drenaje de la Napa

Al igual que para el Sistema de Aguas Superficiales, para el Sistema de la Napa, la falla de este último sistema de drenaje se produce por un aumento del caudal que ingresa más haya de la capacidad de evacuación de éste o por una disminución de la capacidad de evacuación.

5.2.1 Eventos que pueden provocar la falla

Los eventos extraordinarios que podrían provocar un aumento del caudal de ingreso al sistema son los siguientes:

- a) Aumento brusco del caudal que aporta la napa producto de eventos extraordinarios de lluvias.

Los eventos extraordinarios que podrían provocar una disminución de la capacidad de evacuación del sistema son los siguientes:

- b) Disminución de la capacidad de evacuación producto de obstrucciones parcial o total de la sección de algunos de los siguientes elementos que componen la conducción: tubo colector, cámaras de inspección, sentina. Esto puede ser por acumulación de material en suspensión que trae el agua que sedimento o falla del sello de las tapas de las cámaras de inspección ubicadas en las vías por donde ingresan elementos extraños al interior del sistema (sedimentos, basuras, hojas, etc.).
- c) Disminución de la capacidad de evacuación producto de obstrucciones parcial o total de la sección de los Pozos Profundos de Infiltración. Esto puede ser por acumulación de material en suspensión que trae el agua que sedimento en el interior del pozo o falla del sello de las tapas de las cámaras de inspección ubicadas en las vías, por donde ingresan elementos extraños al interior del sistema (sedimentos, basuras, hojas, etc.), que puedan tapar la rejilla de protección del tubo de drenaje.

5.2.2 Consecuencias de la falla

Como ya se mencionó anteriormente, el correcto funcionamiento de este sistema es un elemento fundamental para la seguridad estructural del radier de los túneles.

Las consecuencias de la falla de este sistema dependen de la magnitud de la falla. A continuación se señalan las posibles consecuencias de una falla del sistema:

- Si se interrumpe el flujo de agua en un tramo del sistema, se producirá un aumento de la presión bajo el radier de las vías, y el agua saldrá por los tubos de alivios ubicados en las cámaras de inspección aguas arriba de la obstrucción. El agua saldrá hacia las canaletas de las vías y por lo tanto sobrecargará de trabajo al sistema de drenaje de aguas superficiales. Es importante señalar que nunca se deben tapar los tubos de alivio, ya que son elementos de seguridad para el radier y de alarma para detectar que existe un problema.
- Si la presión bajo el radier resulta ser alta, podría causar el levantamiento de éste y las vías. Esto es equivalente a la rotura del radier y ello puede significar la interrupción del servicio por problemas de operación de los trenes durante un tiempo prolongado, ya que la reparación es un evento mayor.

6. PLAN DE CONTINGENCIA

A continuación se definirán las medidas que se deberán adoptar cuando se produzcan problemas o fallas en cada uno de los sistemas de drenaje, además se indica que hacer en el caso que se inunden los recintos subterráneos de la estación y de recinto de la SER.

6.1 Sistema de drenaje de aguas superficiales

6.1.1 Fallas por ingreso de agua al sistema

En el caso que se produzca una subida brusca de agua en las canaletas hay que detectar el origen del problema y analizar como solucionarlo.

El agua podría ingresar al sistema por los puntos críticos que se indican a continuación:

- Desde el viaducto a través de la escotilla norte del túnel interestaciones.
- Desde los talleres Tocornal a través de la escotilla del túnel de acceso a Talleres.
- Desde la estación Puente Alto y Piques diversos que puedan entregar agua través del túnel interestaciones sur.
- Desde la estación Las Mercedes a través de los accesos.
- Desde las ventilaciones a través de los piques.
 - Ventilaciones 1, 2 ubicadas el norte de la estación Las Mercedes.
 - Ventilación 3 inmediatamente al sur de la estación Las Mercedes.
 - Ventilación ubicada en túnel de acceso a Talleres.
 - Ventilación ubicada sobre las SER.
 - Ventilación 4 ubicada al sur del túnel 3 vías.
- Desde las cámaras de inspección de los pozos profundos de infiltración, ubicadas a nivel de la calzada y bandejón central de la Av. Concha y Toro.

- Desde la cámara de inspección de la estación de bombeo, ubicada a nivel de la calzada de la Av. Concha y Toro.
- Desde puntos de infiltración a través de los revestimientos de los túneles. Lo más probable es que sea a través de juntas de dilatación o construcción que han fallado; y a través de fisuras en las estructuras.
- Desde el sistema de drenaje de la napa, a través de los tubos de alivio de presiones existentes en las cámaras de inspección ubicadas en las canaletas de las vías y directamente en las canaletas ubicadas en el extremo sur del túnel 3 vías.

Medidas correctivas

- La primera medida para solucionar el problema en el caso que el agua provenga desde la superficie es detener el agua antes que ingrese al túnel. Para ello se debe verificar que los diseños de las estaciones y piques contemplen que en caso de crecidas durante lluvias se impida el paso de agua hacia el interior de los túneles. Además se debe tener un plan de contingencia de manera de actuar en forma anticipada a que el agua supere las barreras de acceso. **(Por ejemplo, peraltar las ventilaciones y acceso con sacos de arena u otros similares.)**
- Si aun persiste el problema y la estación de bombeo no es capaz de evacuar el caudal que ingresa, se deberá instalar bombas de agotamiento de emergencia en punto bajo más cercanos al lugar de ingreso del agua y evacuarla hacia la superficie.
- Una alternativa para evacuar las aguas desde las vías es utilizar el pozo profundo de infiltración más cercano como punto de evacuación. Para ello se pueden conectar las bombas de emergencia a la sentina del pozo, o en forma extraordinaria y sólo en casos extremos, **(levantar la tapa de la cámara de inspección ubicada frente al pozo)** (Es importante señalar que los pozos de infiltración sólo puede recibir agua limpia sin sedimentos o basura, ya que éstos fácilmente se puede colmar y por lo tanto quedar fuera de servicio, induciéndose un problema mayor.
- Si el agua que ingresa proviene del sistema de drenaje de la napa, se deberá detectar el punto exacto por donde ingresa el agua y aplicar las medidas correctivas señaladas en 6.2.

6.1.2 Fallas por mal funcionamiento

Las causas por mal funcionamiento se refieren a fallas de algunos de los elementos del sistema. A continuación se indicarán para cada elemento las posibles causas de falla y las medidas correctivas a tomar en cada caso:

- Canaletas ubicada en eje de la vías
 - Causas de fallas
 - Obstrucción parcial o total de la canaleta. Esto puede ser por caída o transporte de elementos extraños (basura u otros) o por acumulación de material en suspensión que trae el agua que sedimente.

- Medidas correctivas
 - Limpiar la obstrucción. Para ello se deberá hacer una inspección visual recorriendo la canaleta desde el punto que se detectó la inundación hacia aguas arriba y hacia aguas abajo.
 - La sedimentación de materiales en suspensión se evita con una adecuada inspección visual y mantención periódica.
- Canaletas laterales en las zonas de cambios de vías
 - Causas de fallas
 - Obstrucción parcial o total de la canaleta. Esto puede ser por caída o transporte de elementos extraños (basura u otros) o por acumulación de material en suspensión que trae el agua que sedimente.
 - Medidas correctivas
 - Limpiar la obstrucción. Para ello se deberá hacer una inspección visual recorriendo la canaleta desde el punto que se detectó la inundación hacia aguas arriba y hacia aguas abajo.
 - La sedimentación de materiales en suspensión se evita con una adecuada inspección visual y mantención periódica.
- Sumideros
 - Causas de fallas
 - Obstrucción parcial o total del sumidero. Esto puede ser por caída o transporte de elementos extraños (basura, hojas u otros).
 - Medidas correctivas
 - Limpiar la obstrucción. Para ello se deberá hacer una inspección visual en el punto que se ubican los sumideros y proceder a su limpieza.
- Canal recolector subterráneo
 - Causas de fallas
 - Obstrucción parcial o total de canaleta. Esto puede ser por acumulación de materiales o sedimentos provenientes de las vías (sedimentos, basuras, hojas, etc.).
 - Medidas correctivas
 - Limpiar la canaleta. Para ello primero se deberá hacer una inspección visual desde de los sumideros o desde el interior de la sentina de la estación de bombeo, posteriormente se debe proceder a la limpieza desde la sentina, retirando todo el material.
- Estación de Bombeo ubicada en el PK 23+219,65
 - Sentina
 - Causas de fallas
 - Acumulación de material en su interior. Esto puede ser por arrastre de materiales provenientes de las vías o por materias que caigan desde el pique a través de la rejilla de piso (sedimentos, basuras, hojas, etc.).

- Medidas correctivas
 - Limpiar la sentina. Para ello primero se deberá hacer una inspección visual a la sentina desde el pique, posteriormente se debe proceder a la limpieza, retirando todo el material acumulado.
 - En caso que la falla de sentina no permita el funcionamiento de las bombas, se deberá instalar bombas adicionales de agotamiento y evacuar el agua hacia la superficie, esto se podrá hacer por el mismo pique de la estación de bombeo abriendo la tapa que está en la calzada, otra alternativa es conducir el agua con mangueras (tipo bombero) hasta la ventilación 2 ubicada inmediatamente al norte de la estación Las Mercedes y desde ahí hacia el exterior.
- Pique estación
 - Causas de fallas
 - Falla por infiltración a través de la tapa de cámara ubicada en la superficie, específicamente en la calzada poniente de la Av. Concha y Toro.
 - Falla por infiltración a través de la junta de hormigonado entre el pique y la galería de acceso al pique.
 - Falla por infiltración a través del revestimiento del pique.
 - Medidas correctivas
 - En caso de infiltración a través de la tapa de cámara, ésta deberá sellarse. Como medida preventiva se debe hacer una inspección visual periódica (una vez al mes) chequeando las condiciones de la tapa, en caso de presentar alguna rotura se deberá reparar o reemplazar por una nueva. La tapa no debe tener ninguna perforación, en caso que exista alguna, se deberá sellar.
 - En caso de filtraciones por falla de las juntas de hormigonado o a través del revestimiento, éstas deberán repararse.
- Bombas Flygt y tubería de impulsión
 - Causas de fallas
 - Falla mecánica de la bomba.
 - Falla por problemas en el sistema eléctrico.
 - Fallas por el sistema de control.
 - Falla o rotura de las tuberías de impulsión.
 - Medidas correctivas
 - En caso de falla de las bombas Flygt o de la impulsión, se deberá instalar bombas adicionales de agotamiento y evacuar el agua hacia la superficie, esto se podrá hacer por el mismo pique de la estación de bombeo abriendo la tapa que está en la calzada, otra alternativa es conducir el agua con mangueras (tipo bombero) hasta la ventilación 2 ubicada inmediatamente al norte de la estación Las Mercedes y desde ahí hacia el exterior.

- Evacuación en el canal San José
 - Causas de fallas
 - Obstrucción de la salida de la impulsión en el canal San Carlos.
 - Relleno del canal, por sedimentos, materiales de arrastres, etc.
 - Medidas correctivas
 - En caso de la evacuación, se deberá instalar bombas adicionales de agotamiento y evacuar el agua hacia la superficie, esto se podrá hacer por el mismo pique de la estación de bombeo abriendo la tapa que está en la calzada, otra alternativa es conducir el agua con mangueras (tipo bombero) hasta la ventilación 2 ubicada inmediatamente al norte de la estación Las Mercedes y desde ahí hacia el exterior.

6.2 Sistema de drenaje de la Napa

6.2.1 Fallas por aumento brusco del caudal aportante de la napa

A continuación se indican las medidas correctivas a tomar en caso de aumento brusco de caudal aportante de la napa y que no es capaz de ser evacuado por los pozos profundos.

- Medidas correctivas
 - Se deberá hacer una inspección visual recorriendo las canaletas desde la zona que se detectó la salida de agua hacia aguas abajo.
 - Si el flujo de agua que sale del tubo de las tapas de las cámaras y tubos de la zona sur del túnel tres vía no afectan el funcionamiento del tren, y la canaleta superficial es capaz de conducir esta agua hacia la estación de bombeo e impulsarla hacia el exterior, se deberá destapar las cámaras aguas arribas de la zona afectada de manera de liberar presión bajo la losa del radier.
 - Si el flujo de agua que sale del tubo de las tapas de las cámaras y tubos de la zona sur del túnel tres vía, afecta el funcionamiento del tren y la canaleta superficial no es capaz de conducir esta agua hacia la estación de bombeo e impulsarla hacia el exterior, se deberá abrir las tapas de las cámaras aguas abajo de la zona en donde se detectó la salida de agua, de manera de conducir estas aguas al pozo profundo mas cercano, si fuera necesario se podrán incorporar bombas de agotamiento, las cuales captaran el agua que sube a las canales de las vías y conducirlas al pozo profundo mas cercano. Se deberá destapar las cámaras aguas arribas de la zona afectada de manera de liberar presión bajo la losa del radier.
 - Si ejecutando esta operación no se puede bajar el nivel de agua en las canaletas de las vías, se deberá abrir las tapas de las cámaras del siguiente pozo de bombeo, hasta agotar el agua que se encuentra sobre las vías.
 - Si la estación de bombeo no es capaz de evacuar el agua que ingresa al túnel, se deberá colocar una bomba adicional en la zona del punto bajo y conducirla a la superficie a través de mangueras, por la ventilación más cercana (Ventilación N°2).

Se debe tener presente que una vez superada la falla y corregidos los problemas que la provocaron, se deberá reponer aquellos elementos removidos provisoriamente.

6.2.2 Fallas por mal funcionamiento del sistema

Las causas por mal funcionamiento se refieren a fallas de algunos de los elementos del sistema. A continuación se indicarán para cada elemento las posibles causas de falla y las medidas correctivas a tomar en cada caso.

- Tubo colector
 - Causas de fallas
 - Obstrucción parcial o total del tubo colector. Esto puede ser por acumulación de material en suspensión que trae el agua que sedimente o a través de las tapas de las cámaras de inspección (falla en el sello) por donde ingresan elementos extraños al interior del sistema (sedimentos, basuras, hojas, etc.).
 - Medidas correctivas
 - Se deberá hacer una inspección visual recorriendo la canaleta desde el punto que se detectó la salida de aguas hacia aguas abajo.
 - Si el flujo de agua que sale del tubo de la tapa de la cámara no afecta el funcionamiento del tren y la canaleta superficial es capaz de conducir esta agua hacia la estación de bombeo e impulsarla hacia el exterior, se deberá programar la limpieza de la obstrucción, de acuerdo al manual de mantención. Se deberá destapar las cámaras aguas arriba de la zona afectada de manera de liberar presión bajo la losa del radier.
 - Si el flujo de agua que sale del tubo de la tapa de la cámara afecta el funcionamiento del tren y la canaleta superficial no es capaz de conducir esta agua hacia la estación de bombeo e impulsarla hacia el exterior, se deberá abrir las tapas de las cámaras aguas abajo de la zona afectada de manera de conducir esta agua al pozo profundo mas cercano, si fuera necesario se podrá incorporar bombas de agotamiento, las cuales captaran el agua que sube a las canales de las vías y conducirlas al pozo profundo más cercano. Se deberá destapar las cámaras aguas arriba de la zona afectada de manera de liberar presión bajo la losa del radier.
 - Se deberá ejecutar la limpieza inmediata de la zona afectada, de acuerdo al manual de mantención, de modo de restituir el sistema y sellar todas las tapas de cámaras que se hayan abierto.
 - La sedimentación de materiales en suspensión se evita con una adecuada inspección visual y mantención periódica de acuerdo al manual de mantención del sistema.
- Pozo Profundo.
 - Causas de fallas
 - Obstrucción parcial o total del tubo de drenaje profundo. Esto puede ser por acumulación de material en suspensión que trae el agua que sedimente en el interior del pozo o falla del sello de las tapas de

las cámaras por donde ingresan elementos extraños al interior del sistema (sedimentos, basuras, hojas, etc.), que puedan tapar la rejilla de protección del tubo de drenaje.

➤ **Medidas correctivas**

- Se deberá hacer una inspección visual recorriendo las canaletas desde la zona del pozo profundo donde se detectó la salida de agua hacia aguas arriba y hacia aguas abajo.
- Si el flujo de agua que sale del tubo de las tapas de las cámaras no afecta el funcionamiento del tren y la canaleta superficial es capaz de conducir esta agua hacia la estación de bombeo e impulsarla hacia el exterior, se deberá programar la limpieza del pozo profundo, ya sea la rejilla de protección o desarrollar nuevamente el Pozo. Se deberá destapar las cámaras aguas arriba de la zona afectada de manera de liberar presión bajo la losa del radier.
- Si el flujo de agua que sale del tubo de las tapas de las cámara afecta el funcionamiento del tren y la canaleta superficial no es capaz de conducir esta agua hacia la estación de bombeo e impulsarla hacia el exterior, se deberá abrir las tapas de las cámaras aguas abajo del pozo afectado de manera de conducir estas aguas al pozo profundo mas cercano, si fuera necesario se podrán incorporar bombas de agotamiento, las cuales captarán el agua que sube a las canales de las vías y conducir las al pozo profundo más cercano. Se deberá destapar las cámaras aguas arriba de la zona afectada de manera de liberar presión bajo la losa del radier.
- Se deberá ejecutar la limpieza inmediata del pozo profundo afectado, de modo de restituir el sistema y sellar todas las tapas de cámaras que se hayan abierto.
- La sedimentación de materiales en suspensión se evita con una adecuada inspección visual y mantención periódica.

6.3 Inundación Subterráneos estación Las Mercedes y recinto SER

6.3.1 Estación Las Mercedes

En la estación Las Mercedes existen recintos técnicos ubicados en subterráneos ubicados más abajo que el nivel de las vías, por lo que son los puntos críticos en caso de inundaciones.

Tanto en los subterráneos técnicos del pique de la estación, como en el subterráneo ubicado al lado poniente de las vías, existe en cada uno de ellos en el punto más bajo una cámara recolectora de las aguas de infiltración, donde se puede instalar una bomba manual de manera tal de impulsar las aguas hacia las vías.

En el caso de producirse una inundación extrema que provoque la inundación total de las vías y comprometa a la estación, se podría utilizar la red seca de incendio para impulsar y evacuar el agua hacia la superficie. Para ello se deberá conectar bombas de emergencia a los puntos de salida de red seca, ubicados a nivel de andén y de mesanina.

6.3.2 Recinto SER

En el recinto SER existe un subterráneo técnico ubicado más abajo que el nivel de las vías, el cual puede ser un punto crítico en caso de inundaciones.

En el pique de la SER se encuentra ubicada una estación de Bombeo para las aguas lluvias y de infiltraciones, las que son impulsadas directamente a las vías. En caso de producirse inundaciones el agua llegará a este lugar. Si la magnitud de agua es tal que puede provocar la inundación de vías, se deberá adicionar bombas de emergencia que saquen el agua hacia la superficie por el pique de la SER.