

ACCIONES DE INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE Y ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL VALLE DE MÉXICO 2007-2012

COORDINACIÓN GENERAL DE PROYECTOS ESPECIALES
DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
DEL VALLE DE MÉXICO



**ACCIONES DE INFRAESTRUCTURA
DE DRENAJE Y ABASTECIMIENTO DE
AGUA EN EL VALLE DE MÉXICO
2007-2012**

COORDINACIÓN GENERAL DE PROYECTOS ESPECIALES
DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
DEL VALLE DE MÉXICO

ÁREA DE INGENIERÍA

MÉXICO D.F. SEPTIEMBRE 2012

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

Director General

Ing. José Luis Luege Tamargo

Subdirector General

Ing. José Ramón Ardavín Ituarte

**Coordinación General de Proyectos Especiales de Abastecimiento de Agua
Potable y Saneamiento del Valle de México**

Ing. Miguel Guevara Torres

Gerencia de Coordinación Técnica de Proyectos del Valle de México

Dr. Rafael Bernardo Carmona Paredes

Gerencia de Ingeniería

Responsable del área

Ing. Héctor Francisco Fernández Esparza

Subgerencia de Ingeniería Básica e Hidráulica (Obras de Drenaje)

Ing. Santiago Maldonado Bravo

MI. Ignacio Noriega Rioja

Ing. Serafín González Ramírez

Ing. Alejandro Ramírez Jiménez

Ing.-Arq. Guadalupe Iturbe Haro

Subgerencia de Acueductos e Hidráulica (Abastecimiento de Agua)

MI. Sergio Ramos Tapia

MI. Daniel Feliciano García

Ing. José Arturo Sánchez Huerta

Ing. Reyna Massiel López Cortés

Subgerencia de Electromecánica

Ing. José Luis de la Mora Real

Ing. Pedro Leobardo Cruz Pérez

Departamento de Estructuras

MI. Juan Reyes Alvarado

MI. Jesús Julián Avilés Franco

Ing. Alfredo Santillán César

Ing. Braulio Alarcón Ornelas

Apoyo técnico y administrativo

Ing. Arturo Aguilar Solorio

Elisa Ivonne Luz López

Esteban E. Arellanes Meixueiro

Comunicación Social

Edición: Lic. Carla Toledo Pérez

Lic. Analí Henestrosa Landeros

Fotografía: Lic. José Castillo Villegas

Ing. Santiago Maldonado Bravo

Diseño editorial: Rodrigo Ivan Baldivia Colín

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	9
LOS GRANDES RETOS PARA GARANTIZAR LA SUSTENTABILIDAD HÍDRICA EN EL VALLE DE MÉXICO	10
1. SITUACIÓN ACTUAL DE DESALOJO DE AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES EN EL VALLE DE MÉXICO	13
1.1 ANTECEDENTES.....	14
1.2 CONDICIONES DE DESALOJO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL VALLE DE MÉXICO...	14
1.3 RIESGOS DE INUNDACIÓN.....	18
1.3.1 EL EMISOR CENTRAL, 15 AÑOS SIN SER INSPECCIONADO.....	18
1.3.2 RIESGO LATENTE DE INUNDACIONES.....	18
1.3.3 OTRAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA Y ZONAS VULNERABLES EN LA CIUDAD.....	20
A) CANAL RÍO DE LA COMPAÑÍA.....	20
B) ZONA ORIENTE CENTRO DEL VALLE DE MÉXICO.....	24
C) ZONA NORPONIENTE ASOCIADA AL EMISOR DEL PONIENTE.....	26
2. INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE CONSTRUIDA O EN PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DURANTE LA ADMINISTRACIÓN (2007-2012)	31
2.1 INTRODUCCIÓN.....	32
2.2 OBRAS DE EMERGENCIA DE CORTO PLAZO (2006-2007) PARA ATENUAR LOS RIESGOS DE INUNDACIÓN Y PARA PERMITIR LA INSPECCIÓN DEL TÚNEL EMISOR CENTRAL.....	32
2.3 OBRAS COMPLEMENTARIAS DEL SISTEMA TRONCAL DE DRENAJE DEL VALLE DE MÉXICO.....	34
A) TÚNEL INTERCEPTOR RÍO DE LOS REMEDIOS (TIRR) Y SUS OBRAS DE CAPTACIÓN	34
B) SISTEMA RÍO DE LA COMPAÑÍA: PRESA LA GASERA, TÚNEL RÍO DE LA COMPAÑÍA, CAPTACIONES Y PLANTA DE BOMBEO LA CALDERA.	38
OBRAS CONCLUIDAS.....	38
OBRAS EN PROCESO PARA EL RETIRO DE BORDOS.....	42
OBRAS COMPLEMENTARIAS (REGULACIÓN, GESTIÓN Y CONSTRUCCIÓN).....	44
C) PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA PROFUNDA.....	47
D) PLANTA DE BOMBEO EL CARACOL.....	52
E) PROYECTO EJECUTIVO DEL TÚNEL EMISOR PONIENTE II, RECUPERACIÓN DEL TRAMO MUERTO DEL RÍO SAN JAVIER Y PROYECTOS DE ACCIÓN INMEDIATA.....	56
TÚNEL EMISOR DEL PONIENTE II.....	56
RECUPERACIÓN DEL TRAMO MUERTO DEL RÍO SAN JAVIER.....	58
ADECUACIÓN DE LA DESCARGA DEL RÍO SAN JAVIER Y CAPTACIÓN DE COLECTORES EN VALLE DORADO AL TEP. ACCIÓN INMEDIATA.....	58
ACCIONES A EMPRENDER PARA EL SISTEMA DE DRENAJE DE LA ZONA NORPONIENTE.....	60

3.- EL TÚNEL EMISOR ORIENTE

63

3.1 LA IMPORTANCIA Y NECESIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN DEL TEO, BENEFICIOS ESPERADOS.....	64
3.2 FRENTES DE TRABAJO Y ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL EMISOR ORIENTE (TEO)	66
3.3 OBRAS DE CAPTACIÓN AL TÚNEL EMISOR ORIENTE	68
3.4 ENTRADA EN OPERACIÓN DE LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE EN EL VALLE DE MÉXICO, DURANTE Y AL FINAL DE LA CONSTRUCCIÓN DEL TEO.....	70
3.5 LUMBRERAS Y PORTAL DE SALIDA DEL TÚNEL EMISOR ORIENTE.....	71
A) PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS EN LAS LUMBRERAS DEL TEO.....	71
B) PORTAL DE SALIDA DEL TEO.....	77
3.6 ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS, PROCESO DE EXCAVACIÓN Y REVESTIMIENTO.....	78
A) ASPECTOS GEOLÓGICOS DEL TEO.....	78
B) ASPECTOS GEOHIDROLÓGICOS DEL TEO.....	79
C) ASPECTOS GEOTÉCNICOS DEL TEO.....	80
D) EQUIPO PARA LA PERFORACIÓN DEL TÚNEL	82
E) REVESTIMIENTOS PRIMARIO (DOVELAS) Y SECUNDARIO DEL TEO.....	86
3.7 OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL MANEJO DE CAUDALES EN LA SALIDA DE LOS TÚNELES EMISOR CENTRAL Y EMISOR ORIENTE.....	88
3.8 DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN A LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL RÍO TULA.....	90
A) ANTECEDENTES.....	90
B) ASPECTOS HIDROLÓGICOS.....	90
C) DIAGNÓSTICO DE CAPACIDAD HIDRÁULICA Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.....	92

4.- CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA Y CONTROL SUPERVISORIO PARA EL DRENAJE DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

95

5. NUEVAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA EL VALLE DE MÉXICO

99

5.1 PROBLEMÁTICA.....	100
5.2 SISTEMA TECOLUTLA-NECAXA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN BLOQUE AL VALLE DE MÉXICO E HIDALGO.....	105
A) DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	105
B) ALTERNATIVAS DEL TRAZO.....	107
5.3 SISTEMA MEZQUITAL PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN BLOQUE AL VALLE DE MÉXICO E HIDALGO.....	109

6.- CONTINUIDAD EN EL PROGRAMA DE SUSTENTABILIDAD HÍDRICA DEL VALLE DE MÉXICO

113

6.1 ACCIONES EN MATERIA DE INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE POR CONCERTAR.....	114
A) TÚNEL INTERCEPTOR RÍO DE LOS REMEDIOS.....	114
B) SISTEMA RÍO DE LA COMPAÑÍA.....	114
C) SISTEMA DE DRENAJE DE LA ZONA NORPONIENTE.....	115
D) TÚNEL EMISOR ORIENTE Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	116
E) PROYECTO EJECUTIVO DE RECTIFICACIÓN DEL RÍO TULA.....	116
F) PROYECTO EJECUTIVO DEL SISTEMA DE ALERTA Y CONTROL SUPERVISORIO Y SU IMPLEMENTACIÓN POR ETAPAS.....	117
G) ESTUDIOS Y PROYECTOS COMPLEMENTARIOS DEL SISTEMA TRONCAL DE DRENAJE DEL VALLE DE MÉXICO.....	117
6.2 ACCIONES EN MATERIA DE INFRAESTRUCTURA DE NUEVAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR CONCERTAR.....	118

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la Comisión Nacional del Agua, institución que nos brindó la oportunidad de participar en la parte de ingeniería asociada a proyectos de gran trascendencia, que no se dan con frecuencia en nuestro país. Hemos sido privilegiados al participar en estas grandes obras, afrontando un reto que nos ha permitido la adquisición y aplicación de experiencias muy importantes, tanto en el ámbito personal como profesional.

En el área de Ingeniería, responsable de vigilar la ejecución de los estudios y proyectos asociados a estas grandes obras, la meta no hubiese sido posible sin un equipo de trabajo que protegiera y procurara el cumplimiento de todos y cada uno de los objetivos fijados, que con el aporte de su conocimiento, disposición, colaboración y sobretodo con la actitud puesta en la realización de una labor que finalmente beneficiaría a todos, se logró cumplir con éxito los propósitos establecidos.

Este compendio se debe a todos y cada uno de los que participaron en la realización de los proyectos, tanto al personal directivo de la Conagua, como de otras áreas de la Subdirección General y de esta Coordinación, que se encargaron de las actividades propias de la construcción y de los procedimientos administrativos, legales, de tenencia de la tierra, comunicación social, todos asociados a estas grandes obras, así como a instituciones que nos brindaron su apoyo técnico, como es el caso del Instituto de Ingeniería de la UNAM, sin dejar de mencionar a las empresas de consultoría, supervisión y demás involucrados, a quienes expresamos nuestro agradecimiento. Particularmente se agradece a los compañeros del área de Ingeniería, quienes demostraron siempre su mejor disposición para el desarrollo de su trabajo.

Sabemos que queda mucho por hacer en materia de drenaje y abastecimiento de agua potable en el Valle de México, pero si se continúa con el esfuerzo aplicado, será posible concluir todas las metas adquiridas y cumplir con el reto de recuperar el equilibrio hidrológico de la cuenca del Valle de México.

Gracias.

ING. HÉCTOR F. FERNÁNDEZ ESPARZA
RESPONSABLE DEL ÁREA DE INGENIERÍA

LOS GRANDES RETOS PARA GARANTIZAR LA SUSTENTABILIDAD HÍDRICA EN EL VALLE DE MÉXICO

La Zona Metropolitana del Valle de México es el principal centro político y económico del país, concentra al 20 por ciento de la población y produce el 32 por ciento del PIB (Producto Interno Bruto) nacional.

En materia de agua y drenaje, la ciudad se abastece de pozos de sus propios acuíferos y desde hace más de 30 años importa agua de otras cuencas: Lerma y Cutzamala, proveniente de los estados de México y Michoacán. Por otro lado, desde el Siglo XVIII, descarga sus aguas residuales a la cuenca del río Tula en el estado de Hidalgo.

Estos factores son consecuencia de decisiones históricas que se remontan a la fundación misma de la Gran Tenochtitlan, y al hecho de haber establecido en el Siglo XVI, la capital de la Nueva España en este lugar. La importación de agua de otras cuencas fue concebida para eliminar la sobre explotación del agua de los acuíferos del Valle de México y, así, evitar los hundimientos y los daños a la infraestructura.

Por otra parte, las grandes obras de infraestructura de drenaje construidas entre 1962 y 1975 se diseñaron para la emisión de aguas pluviales y se consideraron como la solución definitiva a los problemas de inundaciones de la zona urbana del valle.

Sin embargo, el desmedido crecimiento de la metrópoli en los últimos 30 años del siglo XX, aunado a la falta de planeación urbana acorde a los servicios existentes,

trajo consigo que las obras de abastecimiento de agua potable y drenaje quedaran rebasadas. El agua para eliminar la sobre explotación de las aguas subterráneas ha sido utilizada para el abastecimiento de nuevos desarrollos, los mismos que han alterado las condiciones de recarga y generado mayores escurrimientos que han vuelto insuficiente la capacidad de drenaje, amén de los efectos adversos que los hundimientos en el valle siguen generando sobre la infraestructura.

El reto ha sido recuperar el equilibrio hidrológico de la Cuenca del Valle de México y contribuir, de manera decisiva, a la viabilidad de la Zona Metropolitana en el mediano y largo plazos. Fue así como el 8 de noviembre de 2007 el C. Presidente de la República, Lic. Felipe Calderón Hinojosa, anunció el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca Valle de México, convocando a los gobiernos del Distrito Federal, Estado de México e Hidalgo a sumarse a esta iniciativa.

Palabras del Director General de Comisión Nacional del Agua (Conagua) sobre el hecho de que “la recuperación hídrica representa un gran esfuerzo en la política de todas las entidades y del Gobierno Federal y requieren una gran participación de los gobiernos locales”, se han vuelto una realidad. El Gobierno Federal, a través de la Conagua, ha adoptado el liderazgo de este programa, sumando esfuerzos en materia de dotación de infraestructura con los gobiernos de los estados de Hidalgo, México y del Distrito Federal a través del Fideicomiso 1928.

El Fideicomiso 1928, es un instrumento en el cual la Federación deposita íntegramente los pagos del Distrito Federal y del Estado de México por concepto de aprovechamientos de agua en bloque proveniente del Sistema Cutzamala y el Sistema de “Pozos de Acción Inmediata”, operados ambos por la federación. Dichos recursos federales se destinan a las obras hidráulicas de gran alcance del Valle de México por disposición del Decreto Presidencial del 24 de noviembre de 2004.

Bajo este mecanismo y con apoyos federales muy importantes, al término de la presente administración se ha llevado a cabo la ingeniería y construcción de grandes obras de drenaje y saneamiento, además de iniciar con acciones concretas en materia de estudios e ingeniería básica para nuevas fuentes de abastecimiento.

Este documento resume la problemática y acciones emprendidas en materia de abastecimiento de drenaje y nuevas fuentes de abastecimiento de agua potable, incluyendo las acciones concluidas y en proceso.

Es importante mencionar que el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México no debe quedar en un programa sexenal, ya que aún falta mucho por hacer, principalmente en las labores de gestión y construcción de infraestructura de nuevas fuentes de abastecimiento, así como en las obras de infraestructura de drenaje cuya ingeniería ha

quedado concluida, además de aquéllas de carácter local que permitan el pleno aprovechamiento de la nueva infraestructura, no restándole la importancia que merece la ampliación plena a la capacidad de regulación para el control de escurrimientos.

Los nuevos desarrollos urbanos deben ser planeados conforme a la posibilidad de disponer de esquemas sustentables para la oferta de servicios y no de manera opuesta, como actualmente sucede, de decidir primero sobre los desarrollos urbanos y, posteriormente, resolver a cualquier costo la oferta de servicios.

Es claro que, en materia de agua potable y drenaje, sin una adecuada planeación urbana no habrá obra de infraestructura suficiente, por lo que la planeación del desarrollo de infraestructura debe ser atendida bajo una estrecha coordinación con las dependencias federales, estatales y municipales responsables del desarrollo urbano.

COORDINACIÓN GENERAL DE PROYECTOS ESPECIALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DEL VALLE DE MÉXICO

1. SITUACIÓN ACTUAL DE DESALOJO DE AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES EN EL VALLE DE MÉXICO



1.1 Antecedentes

La Zona Metropolitana del Valle de México tiene características únicas. Es una de las concentraciones urbanas más grandes del mundo ubicada en una cuenca cerrada sobre lo que originalmente fue un sistema lagunario integrado por cinco grandes lagos, Texcoco, Xaltocan, Zumpango, Xochimilco y Chalco.

En época de lluvias la Cuenca se convertía en un solo lago de dos mil kilómetros cuadrados de superficie. Esta condición es la causa de las periódicas inundaciones que desde la fundación de Tenochtitlan han tenido que enfrentar sus habitantes.

A partir del Virreinato la estrategia fue abrir salidas artificiales a la cuenca. En los siglos XVII y XVIII, se realizó el tajo de Nochistongo, inaugurado en 1788, 151 años después de su inicio; posteriormente en el México independiente y concretamente en 1900 entró en servicio el

Gran Canal del Desagüe, para el cual se construyó el primer túnel de Tequixquiac, obra complementada con un segundo túnel que inicia operaciones en 1947; en 1962 y 1975 se incorporan al sistema los emisores del Poniente y el Central, respectivamente.

1.2 Condiciones de desalojo de las aguas residuales en el Valle de México

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) actualmente alcanza una superficie de 1894 kilómetros cuadrados la cual representa casi el 22 por ciento del área de la cuenca del Valle de México y el 95 por ciento de la superficie que ocupaban los lagos en la cuenca en el siglo XVI.



Lagos del Valle de México en el Siglo XVI.

El crecimiento se dió sobre todo en los últimos treinta años del siglo XX, asentándose la mancha urbana en sitios que antes formaron parte del sistema lagunar, lo cual ha demandado, y lo sigue haciendo a la fecha, servicios urbanos cada vez más amplios y complejos, entre los que destaca el sistema de drenaje.

Es un hecho que la intensidad de las lluvias, y su distribución en el espacio y tiempo han cambiado severamente; las lluvias ahora son más concentradas, de mayor duración y, en consecuencia, de mayor intensidad.

Por otro lado, el suelo del valle está formado por arcillas blandas con muy alto contenido de agua, altamente deformables y compresibles. La extracción de agua para abastecimiento del consumo de la ciudad, ha propiciado hundimientos acelerados y diferenciales que afectan fuertemente a la infraestructura de la ciudad.

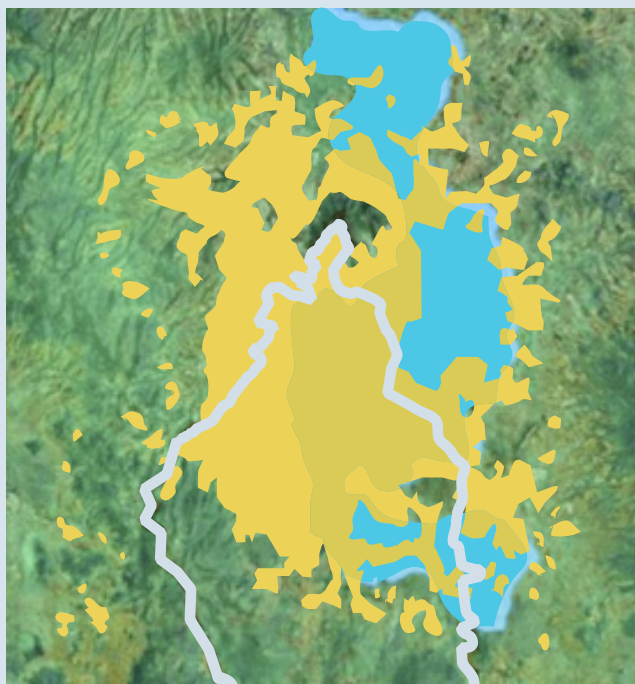
En particular, se ha reducido la capacidad de los cauces superficiales y subterráneos que permiten el desalojo de las aguas de lluvia, aumentando la probabilidad de presencia de las inundaciones que hoy afectan a la población en su actividad diaria, su patrimonio y su vida.

El fenómeno de hundimiento ha afectado de manera particular al Gran Canal del Desagüe por lo que en los últimos años se ha incrementado la dependencia del Sistema de Drenaje Profundo, de tal manera que no fue posible darle mantenimiento entre 1992 y 2007. Este hecho, como es evidente, expone a la ZMVM a inundaciones de consecuencias severas en caso de una falla del Túnel Emisor Central, columna vertebral del sistema de drenaje de esa zona.

Cuenca del Valle de México



Zona metropolitana



Crecimiento de la mancha urbana sobre los lagos del Valle de México.

Pérdida de pendiente del Gran Canal del Desagüe

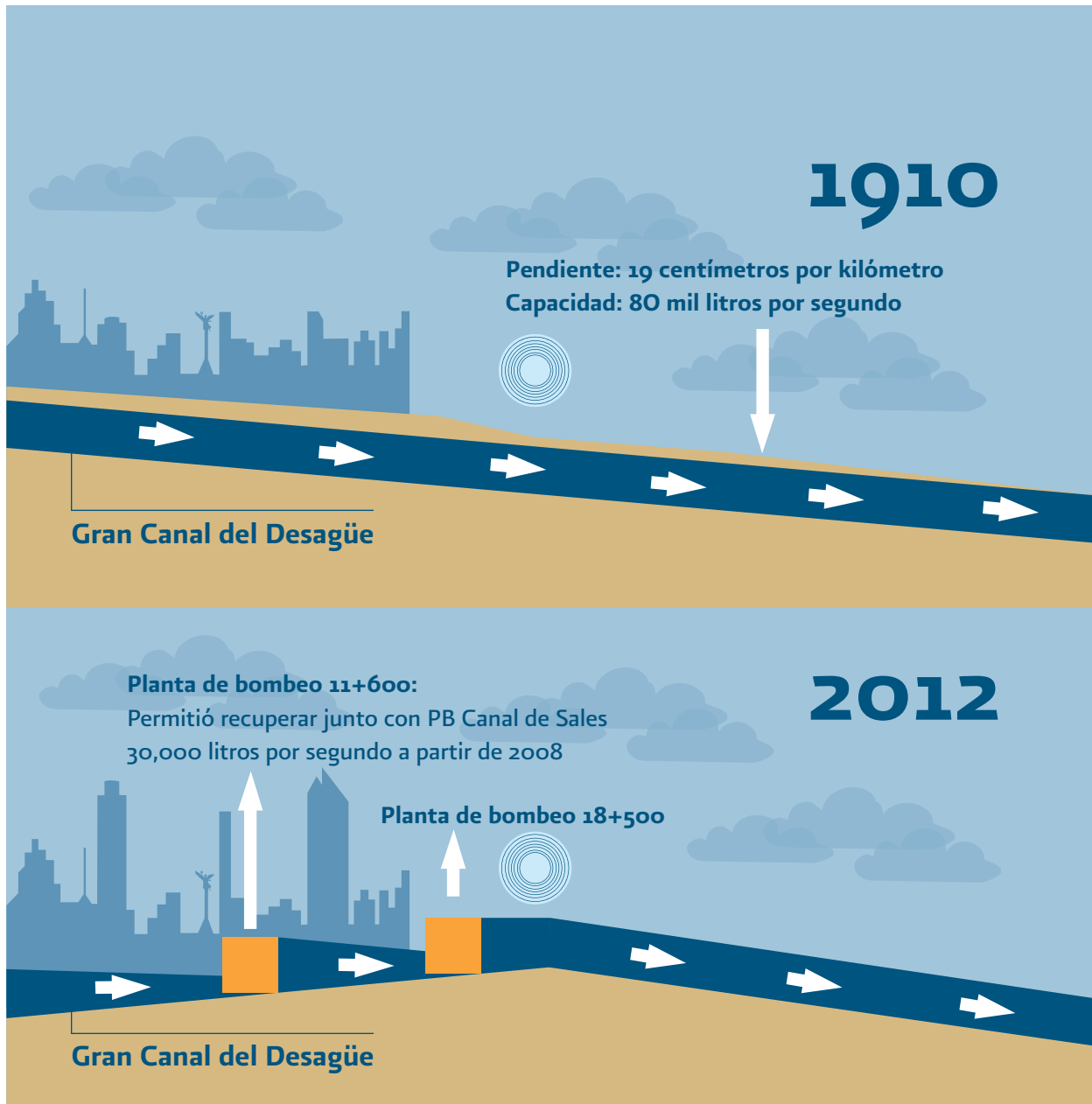


Figura 1. Pérdida de pendiente y de capacidad del Gran Canal del Desagüe.

En la actualidad la capacidad del Sistema de Drenaje es insuficiente y presenta serios problemas. En 1975, cuando la población de la zona metropolitana era de 10 millones de habitantes, la capacidad de desalojo era de 280 metros cúbicos sobre segundo, para el año 2007 ésta se vio reducida a sólo 165 metros cúbicos sobre segundo, con casi el doble de población, haciéndose necesaria la implementación de acciones de emergencia para la inspección y reparación del Sistema de Drenaje Profundo y, además fue necesario decidir la construcción de un nuevo túnel emisor para disponer de una capacidad total de desalojo de 315 metros cúbicos sobre segundo y permitir el mantenimiento alternado con el Túnel Emisor Central.

Por otro lado, los grandes drenes de la ciudad, otros ríos, que cruzan en el sentido poniente-oriental, tales como los ríos de los Remedios, Tlalnepantla, Consula-

do; río de la Piedad y sus afluentes, Becerra, Tacubaya, etc.; río Churubusco y sus afluentes, San Ángel, Mixcoac, Magdalena, etc. y río San Buenaventura, prácticamente han desaparecido como corrientes superficiales y, en su lugar, se han construido conductos cerrados que también han sido afectados por los hundimientos regionales y locales del subsuelo, reduciendo su capacidad de conducción y evacuación de las redes primarias que vierten a ellos por gravedad o bombeo a través de grandes plantas.

Las lagunas y vasos de regulación existentes en la parte plana de la ZMVM así como las redes primarias de drenaje superficial, también se han visto afectadas por los hundimientos locales y regionales, por lo que se ha reducido su capacidad de desalojo, afectando también a las redes secundarias, con lo que se incrementa la cantidad de zonas bajas susceptibles de inundarse.

Disminución de la capacidad del sistema de drenaje en el Valle de México

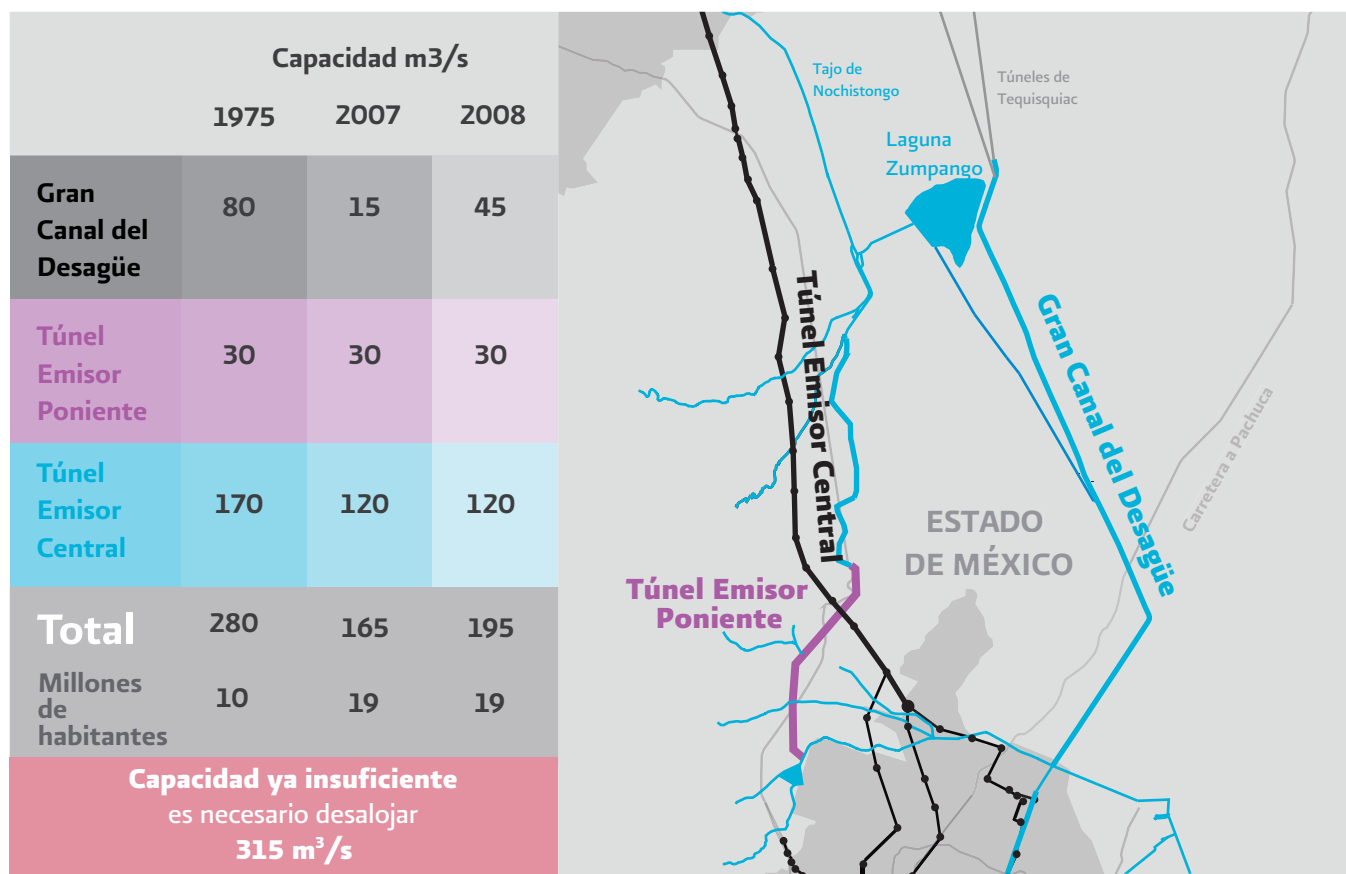


Figura 2. Capacidad de desalojo de agua residual y de lluvia del sistema de drenaje en el Valle de México (Incremento temporal de capacidad con las obras de emergencia 2007-2008).

1.3 Riesgos de inundación

1.3.1 El Túnel Emisor Central, 15 años sin ser inspeccionado

Como consecuencia de los hundimientos del Valle de México y la consecuente pérdida de capacidad del drenaje superficial, el Túnel Emisor Central se utilizó sin interrupción para desalojar las aguas residuales y de lluvia de la ciudad, situación que provocó un desgaste acelerado e impidió su mantenimiento, además de detectarse que trabajó a presión, para lo cual no fue diseñado. El Túnel Emisor Central, operó durante 15 años (1992-2007) sin mantenimiento y fuera de sus variables de diseño.

1.3.2 Riesgo latente de inundaciones

En caso de presentarse una falla en el actual Sistema de Drenaje, las consecuencias para la capital del país serían catastróficas: la obstrucción del Túnel Emisor Central llevaría a una inundación generalizada de las zonas centro y oriente que, con base en estudios apoyados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, inundaría una superficie de más de 217 kilómetros cuadrados, más el 10 por ciento de la superficie urbana actual, con más de 5 metros de agua sobre el aeropuerto internacional Benito Juárez. Esta posible situación paralizaría actividades políticas y económicas no sólo de esta ciudad, sino del país en general.

Para eliminar la posibilidad de que esta condición catastrófica llegara a presentarse, además de realizar las labores de inspección y reparación del Túnel Emisor Central, es necesario incrementar en 150 metros cúbicos sobre segundo la capacidad de desalojo total y garantizar la posibilidad de llevar a cabo las labores de mantenimiento que año con año requiere el drenaje profundo.

De hecho, ya en épocas recientes, ha habido inundaciones de consideración, generadas por los cambios en los patrones de lluvia.



Inspección del Túnel Emisor Central.



8 de febrero de 2010.

Zonas susceptibles de inundación ante una falla en el Sistema de Drenaje del Valle de México

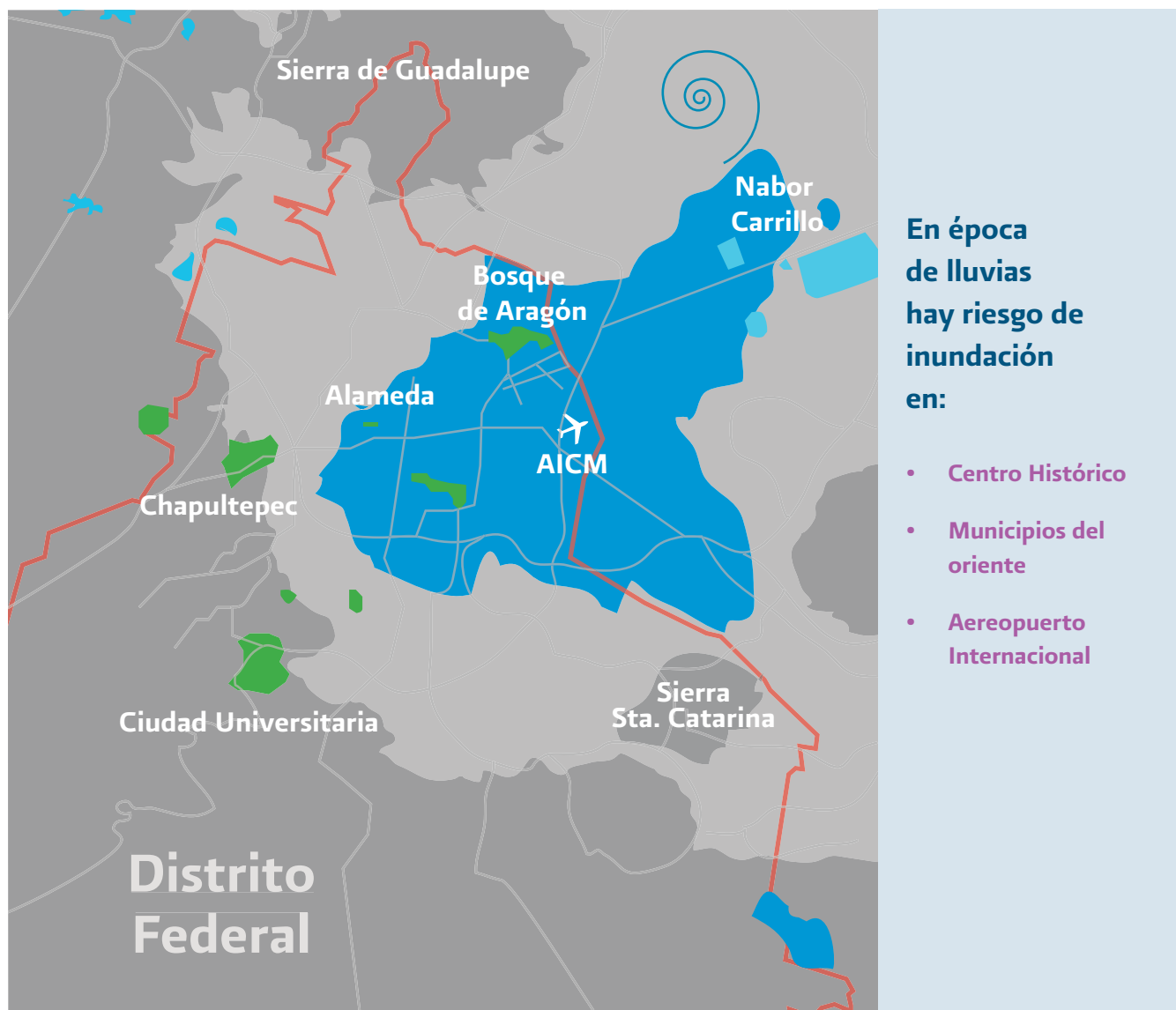


Figura 3. En azul, las zonas susceptibles de inundación ante una falla en el Sistema de Drenaje del Valle de México.

1.3.3 Otras obras de infraestructura y zonas vulnerables para el drenaje de la ciudad

a) Canal Río de la Compañía

El Río de la Compañía es el principal desfogue de aguas pluviales y residuales de la zona oriente del Valle de México. Inicia en la confluencia de los ríos San Francisco y San Rafael, al oriente de la cuenca del Valle de Chalco y termina en el bordo Xochiaca, donde se une al sistema de canales del Lago de Texcoco, concretamente al Dren General del Valle; atraviesa zonas densamente pobladas.

Los hundimientos regionales en las márgenes del Río de La Compañía, que han alcanzado 40 centímetros por año, afectaron la integridad estructural de sus bordos e hicieron vulnerables las zonas aledañas al río, fundamentalmente en el tramo entre la autopista y la carretera federal México-Puebla.

Durante los últimos años (2000 a 2011) se han realizado trabajos de desazolve, renivelación y reforzamiento de bordos y un intenso programa anual de mantenimiento y conservación, que favoreció el funcionamiento del río; sin embargo, la reparación de las fisuras y la nivelación de los bordos mediante colocación de más material, provocó que el sobrepeso de los mismos aumentara la velocidad de hundimiento (figura 4) y el agrietamiento, por lo que los procedimientos de reparación y mantenimiento utilizados en años anteriores, dejaron de ser eficientes y su aplicación aumentaba cada vez más el riesgo de falla de los bordos (existían tramos de bordos reforzados con más de 10 metros de altura).

Los mecanismos de falla se atribuyen a agrietamientos, filtraciones con erosión interna y deslizamientos o fallas de talud por insuficiencia de la capacidad de carga del subsuelo que les da soporte, dichos mecanismos de falla se activan generalmente aún con escasos escurrimientos durante temporada de estiaje debido a la infiltración de agua residual o pluvial en los agrietamientos preexistentes y el subsecuente empuje hidrostático que causa la falla.

Las fallas se concentraban en un tramo crítico del canal, a partir de la autopista México-Puebla (kilómetro 3+750 del canal) y aproximadamente hasta el kilómetro 5+600, donde se presentaba un patrón de agrietamientos de tensión, inducidos por los hundimientos regionales atribuibles a la explotación del acuífero y por hundimientos locales debido a las sobrecargas progresivas de los bordos, todo ello originado por el incremento desordenado de la mancha urbana que impide la recarga del subsuelo en temporada de lluvias e incrementa los escurrimientos hacia el canal. En particular, en el tramo crítico, se concentraba una zona de máxima deformación vertical y mayor distorsión angular que son el origen de los agrietamientos por tensión.

Son varios los eventos de ruptura registrados en los bordos del río para el tramo crítico antes mencionado, el primero en mayo del año 2000 y el último el 16 de abril de 2011, rupturas que han generado serias inundaciones y daños a la población de Chalco y Valle de Chalco.

Para resolver la problemática de asentamientos (por la naturaleza del suelo altamente compresible) y evitar el riesgo de inundaciones se concibió una solución integral, más segura y duradera que la constante sobre elevación de bordos, consistente en un sistema de presas de regulación, un túnel para conducción en el tramo conflictivo entre la autopista y la carretera federal México-Puebla, las obras de captación del agua residual, así como una planta bombeo que permita elevar el agua al tramo de río donde este ya no presenta problemas por los bordos, además de la construcción de un colector de estiaje que permita el mantenimiento del túnel y retirar los bordos del canal para reducir hundimientos diferenciales por sobre peso.

Asentamientos en el bordo izquierdo, Cad. 3+800 al 10+100

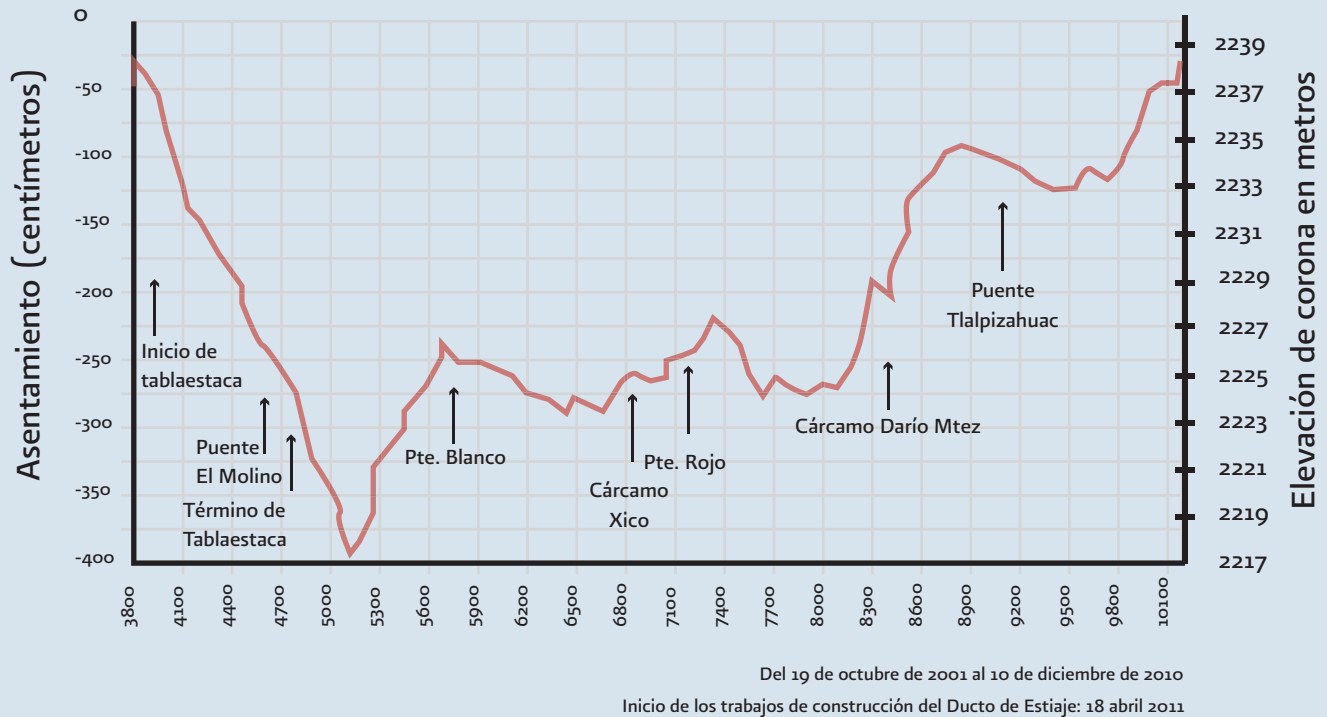


Figura 4. Hundimientos diferenciales en el Canal Río de la Compañía (origen en la Presa La Gasera).

Esquema basado en el documento:

Comisión Federal de Electricidad

Medición de la instrumentación, análisis de datos y evaluación del comportamiento del Río de la Compañía, km 0+000 al km 10+360

Informe de mediciones

Septiembre de 2011

Problemática en el Canal Río de la Compañía



Figura 5. Canal Río de la Compañía. Tramo de rupturas y desbordamientos (2000-2012).

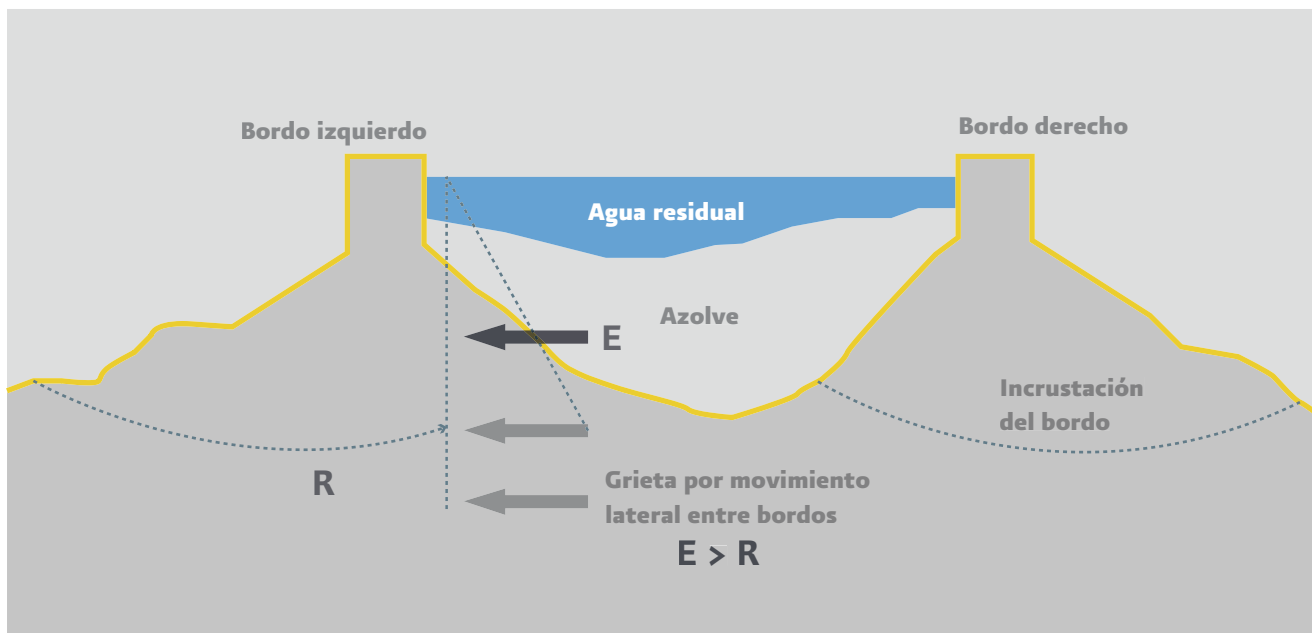


Figura 6. Empuje hidrostático por infiltración de agua en las grietas.

El 24 de julio de 2012, entre el puente peatonal y el puente vehicular de Tlapacoya (subtramo kilómetro 2+700 al kilómetro 3+400 del tramo La Gasera-Túnel) se detectó la presencia intermitente de una grieta longitudinal, alineada con la zona de inflexión entre el talud

y la plantilla, además de sumideros por las que se infiltró el agua conducida por el canal, apreciándose fenómenos semejantes a los del tramo aguas debajo de la PB12, como el desplazamiento de bordos. Para este tramo será necesario identificar las mejores opciones para la sustitución del canal.

Sumideros Km 2+700 margen izquierda



Presencia de grietas y sumideros en el Río de la Compañía.

Agrietamiento longitudinal Km 3+190, margen izquierda



b) Zona oriente centro del Valle de México

En la actualidad los caudales de la zona oriente del Valle de México, son emitidos superficialmente a través del Dren General del Valle (DGV), que conduce las aportaciones del Río de la Compañía, Canal General, Bordo de Xochiaca, Río Churubusco y Río de los Remedios, así como por el Gran Canal del Desagüe (GCD), con una capacidad de emisión superficial que, en 2007, apenas llegaba a 15 metros cúbicos sobre segundo, precisamente por la pérdida en capacidad del GCD (contra una capacidad original de 80 metros cúbicos sobre segundo).

Tal situación obligó a la rehabilitación de la planta de bombeo “Canal de Sales” sobre el DGV y a la construcción de la planta de bombeo 11+600 (complementaria a la planta de bombeo 18+500) sobre el GCD; con estas obras, a partir del estiaje de 2008, se logró incrementar la capacidad de emisión superficial conjunta a 40 metros cúbicos sobre segundo, con una capacidad de regular hasta 20 metros cúbicos sobre segundo adicionales a través de la construcción de la planta de bombeo Casa Colorada Superficial para su regulación en la laguna del mismo nombre (ver siguiente capítulo, apartado de “obras de emergencia”), con lo cual además se pudo inspeccionar el drenaje profundo, después de 15 años de no poder hacerlo e iniciar su reparación.

Sin embargo, aún con la construcción de las obras de emergencia, la capacidad de emisión superficial está limitada prácticamente al manejo de los caudales de aguas negras (generados en estiaje, sin lluvia) y cualquier excedente en el Gran Canal tiene que desviarse hacia el drenaje profundo a través de la obra de toma “El Coyol” y hacia la lumbrera 8c del Túnel Interceptor Oriente (IO), con la consecuente interrupción de los trabajos de mantenimiento en el drenaje profundo.

Por otro lado, la capacidad de alivio hacia el drenaje profundo, que ocurre durante la temporada de lluvias, también está limitada por la capacidad del IO y por los escurrimientos que puedan generarse aguas arriba y que descarguen a este conducto, así como por la descarga misma del IO hacia el Emisor Central, que también puede ser limitada por el agua acumulada en una tormenta generalizada en el Valle de México. Cuando el conducto del Interceptor Oriente va saturado, la descarga del gran canal en el sitio El Coyol se ve disminuida, incluso en ocasiones tiene que ser cerrada.

Para el caso del DGV, cualquier excedente en la confluencia con el Río de los Remedios, tiene que ser bombeado por la planta de bombeo Casa Colorada Superficial, con capacidad de hasta 20 metros cúbicos sobre segundo, hacia la laguna de regulación del mismo nombre; en este caso, también hay restricciones operativas generadas por la capacidad de bombeo, por los niveles mismos que tenga la laguna ante un tren de tormentas y por la capacidad por las restricciones que los asentamientos diferenciales del DGV imponen a la capacidad para el vaciado de la laguna.

La capacidad de los cauces superficiales asociados al DGV y al GCD, seguirá perdiéndose mientras persistan los hundimientos en el Valle de México y, en consecuencia la vida útil de las plantas de bombeo alojadas sobre dichos cauces (construidas como obras emergentes), es limitada, estimándose esta vida hacia los años 2016-2018. Por tal razón, la solución a largo plazo en materia de emisión será el Túnel Emisor Oriente, pero apoyados con suficiencia en cuanto a capacidad de regulación.

Sistema de drenaje del oriente centro en 2007-2009

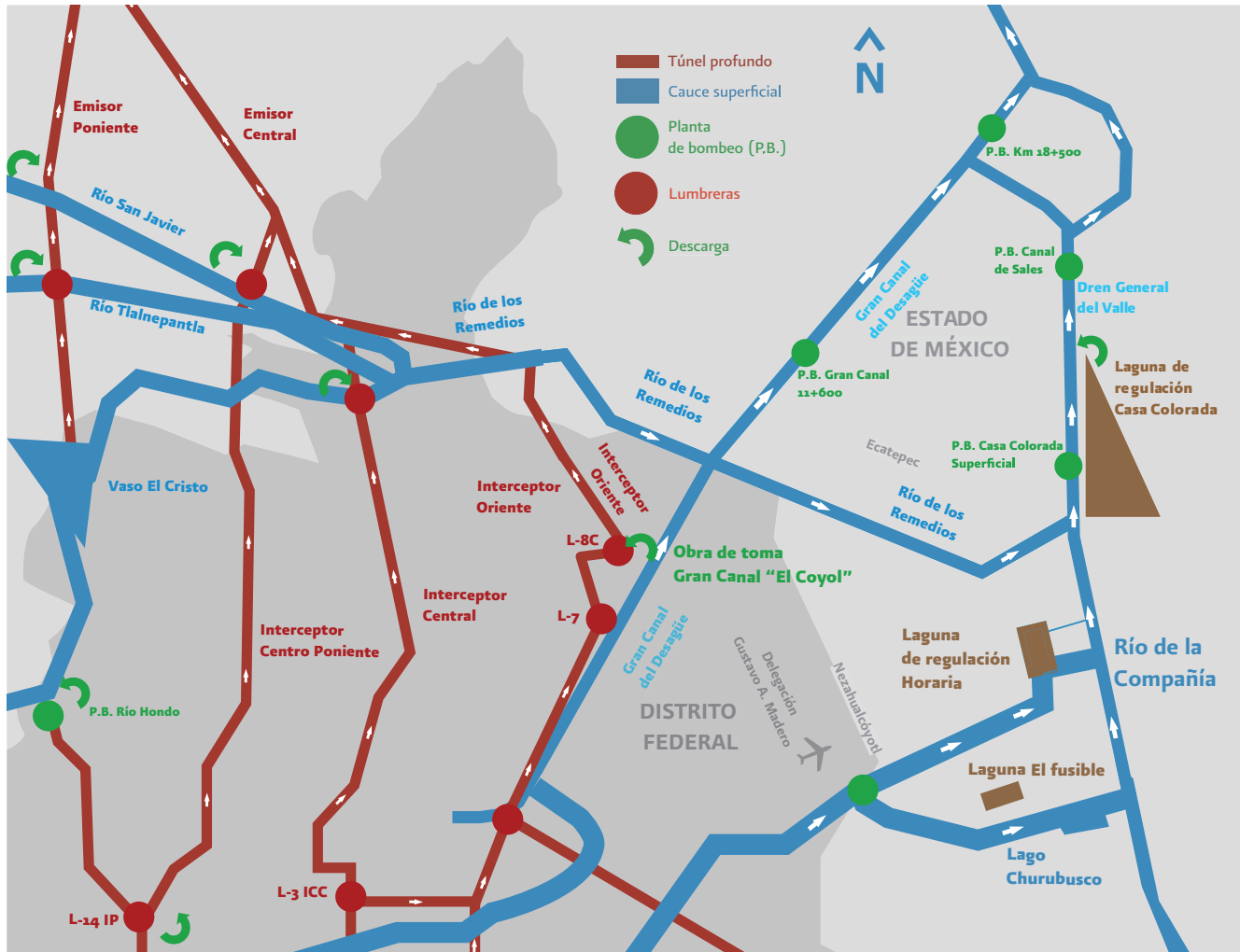


Figura 7. Construcción de las plantas de bombeo de emergencia sobre los cauces superficiales y la laguna Casa Colorada.

c) Zona Norponiente asociada al Emisor del Poniente

En la zona Norponiente del Valle de México se cuenta con presas que regulan los escurrimientos en las partes altas para incorporarse al interceptor poniente y éste, a su vez, al conducto principal de la zona, conocido como Emisor del Poniente que nace en el Vaso de Cristo y que está formado por dos secciones: la primera es la porción de túnel con una longitud de 12.35 kilómetros y la segunda corresponde a la que constituye un canal a cielo abierto de 20 kilómetros de longitud aproximadamente con descarga al río Cuautitlán que finalmente cruza el parteaguas del Valle de México a través del Tajo de Nochistongo. A dicho interceptor se incorpora primero el río Tlalnepantla, que está regulado aguas arriba por la presa Madín, y luego el Río San Javier, que está regulado por las presas San Juan y Las Ruinas, además de ser un conducto que permite la emisión del agua regulada en el Vaso de Cristo con apoyo de la planta de bombeo del mismo nombre (construida también como parte de las obras de emergencia del año 2007).

El 6 de septiembre de 2009 se presentó un evento hidrológico en el Valle de México que provocó escurrimientos de gran importancia en la zona urbana. En el caso del Emisor del Poniente los escurrimientos provocaron que trabajara con niveles que rebasaron la elevación de la clave en el tramo comprendido entre los ríos San Javier y Tlalnepantla, generando la ruptura del conducto y el derrame correspondiente.

Para analizar las causas del evento del 6 de septiembre se solicitó al Instituto de Ingeniería de la UNAM elaborar un estudio para identificar las principales razones del funcionamiento con carga y de la ruptura del Emisor Poniente.

Las conclusiones de dicho estudio atribuyen la ruptura en el emisor fundamentalmente a que el conducto trabajó con carga por encima de su capacidad hidráulica, situación para la que no fue diseñado, como consecuencia de lo siguiente:

- Se trató de una lluvia extraordinaria (sobre 90 años de período de retorno si se consideran los registros hidrométricos de la estación Arboledas y de aproximadamente 30 años si se consideran, además de Arboledas, las mediciones en Madín y Calacoaya). En un lapso de 46 años, que son los transcurridos desde la construcción de la obra, hay una probabilidad alta (entre 40 y 79 por ciento) de que en ese lapso se presente al menos una lluvia como la ocurrida o mayor.

- La zona se urbanizó muy densamente y los escurrimientos fueron mucho mayores que con las cuencas originalmente no urbanizadas.

- Debido a los hundimientos aguas abajo del río de los Remedios y a la urbanización aguas abajo en las cuencas de los ríos Tlalnepantla y San Javier, estos ríos han perdido la capacidad de conducción que tenían en la época del proyecto, lo que limitó los posibles desfuegos hacia estos cauces, de tal manera que las compuertas del Tlalnepantla no se pudieron abrir más de 35 centímetros para no inundar zonas urbanas aguas abajo (de hecho ocurrieron desbordamientos en la confluencia del río Tlalnepantla con el río de los Remedios favorecidos por un bordo debilitado) y la conexión con el Río San Javier simplemente ya no existe. El proyecto original contemplaba que del Vaso El Cristo se descargarían 30 metros cúbicos sobre segundo, del río Tlalnepantla sólo se derivarían hacia el túnel 15 metros cúbicos sobre segundo y del San Javier 35 metros cúbicos sobre segundo para una descarga al canal abierto de 80 metros cúbicos sobre segundo en total.

Drenaje del Norponiente



Figura 8. Obras de drenaje asociadas al Túnel Emisor Poniente; capacidades del túnel.

Para contrarrestar esta insuficiencia, a través del Organismo de Cuenca de Aguas del Valle de México (OCAVM) de la Conagua, se llevó a cabo el diseño y construcción de las obras para la desincorporación de los cárcamos y afluentes del Túnel Emisor Poniente (TEP) con colectores que evitan el bombeo de descargas municipales directas al Túnel Emisor Poniente, colectores cuya descarga se hace directa al Río San Javier antes de su incorporación al TEP, previendo así minimizar el riesgo de que éste vuelva a operar con presión.

Las anteriores son soluciones para contrarrestar las insuficiencias actuales y básicamente para tormentas moderadas. Como solución definitiva, que permita manejar los incrementos del caudal escurrido, consecuencia del desmedido crecimiento urbano, se llevó a cabo el proyecto ejecutivo del Túnel Emisor del Poniente II, así como el correspondiente a la recuperación del cauce del Río San Javier en el tramo que quedó obstruido (ver capítulo 2).

Por el elevado costo de construcción del TEP-II y de la recuperación del cauce del Río San Javier, como obras de alivio, complementarias a la construcción del TEP-II, se cuenta también con los proyectos para la incorporación del colector Atizapán y del Río San Javier al TEP justamente hacia el tramo donde la capacidad del emisor alcanza los 80 metros cúbicos sobre segundo (ver capítulo 2), obra que mejorará la operación del TEP en el entorno de Valle Dorado y la descarga del Río San Javier, cuyos recursos para la construcción a través del OCAVM, ya se encuentran comprometidos por el Fideicomiso 1928.

Otro punto a destacar es el cauce a cielo abierto al que descarga el Túnel del Emisor del Poniente y a donde descargará el denominado TEP-II. Este tramo a cielo abierto fue desazolvado y rectificado en su plantilla como parte de las obras de emergencia llevadas a cabo en el año 2010 (consecuencia de las lluvias atípicas registradas en el Valle de México el 4 de febrero de 2010). Con esta rectificación se logró mejorar su capacidad y el manejo de las aportaciones actuales del tramo en túnel. Sin embargo, una vez que entre en operación el TEP-II el caudal a transitar sobre el canal, con períodos de retorno de 50

años, podrá alcanzar 150 metros cúbicos sobre segundo, llegando a niveles muy cercanos a la parte superior de los bordos, dejando libre sólo 34 centímetros, lo que es un riesgo de desbordamiento, considerando que el tirante es de 6.3 metros, con la obstrucción hidráulica de puentes peatonales y vehiculares que indebidamente se han construido a lo largo de este canal, restándole capacidad hidráulica.

Para evitar estos tirantes tan altos es necesario revestir el canal abierto en al menos los primeros seis kilómetros, además de sobre elevar los puentes que obstruyen el cauce. Esta parte del proyecto deberá de ser contratada a la brevedad.



Ruptura del Emisor Poniente el 6 de septiembre de 2009.

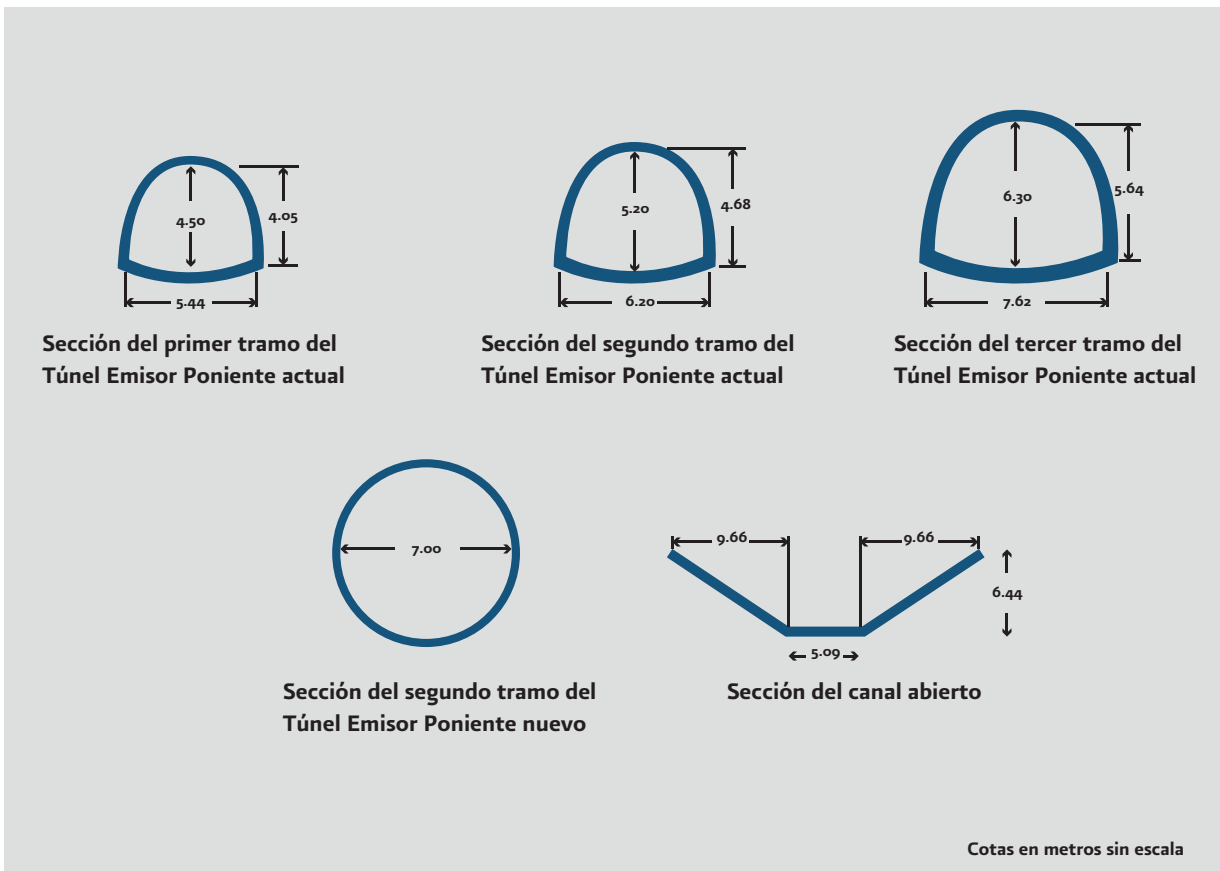


Figura 9. Secciones transversales del Emisor Poniente.

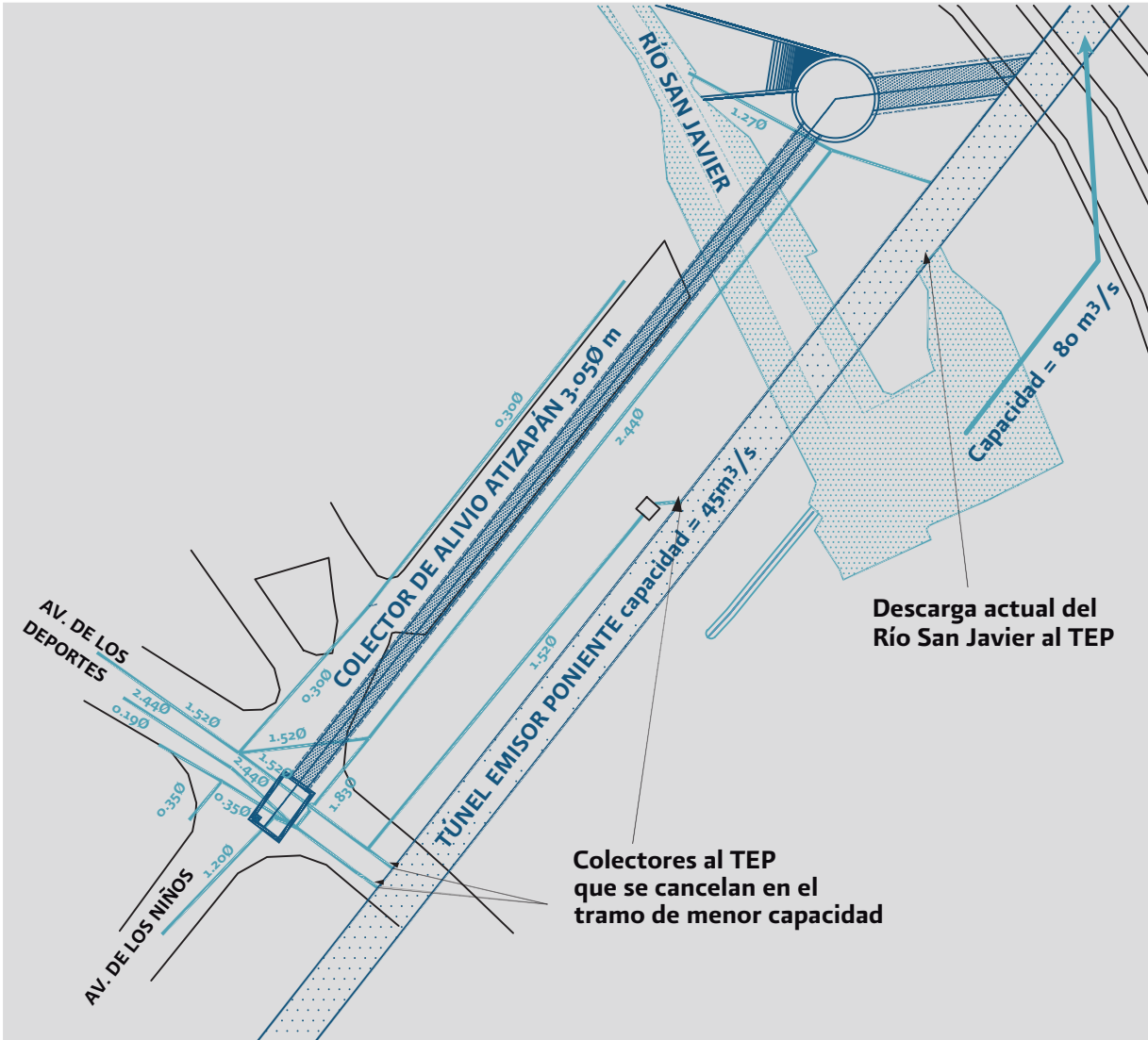
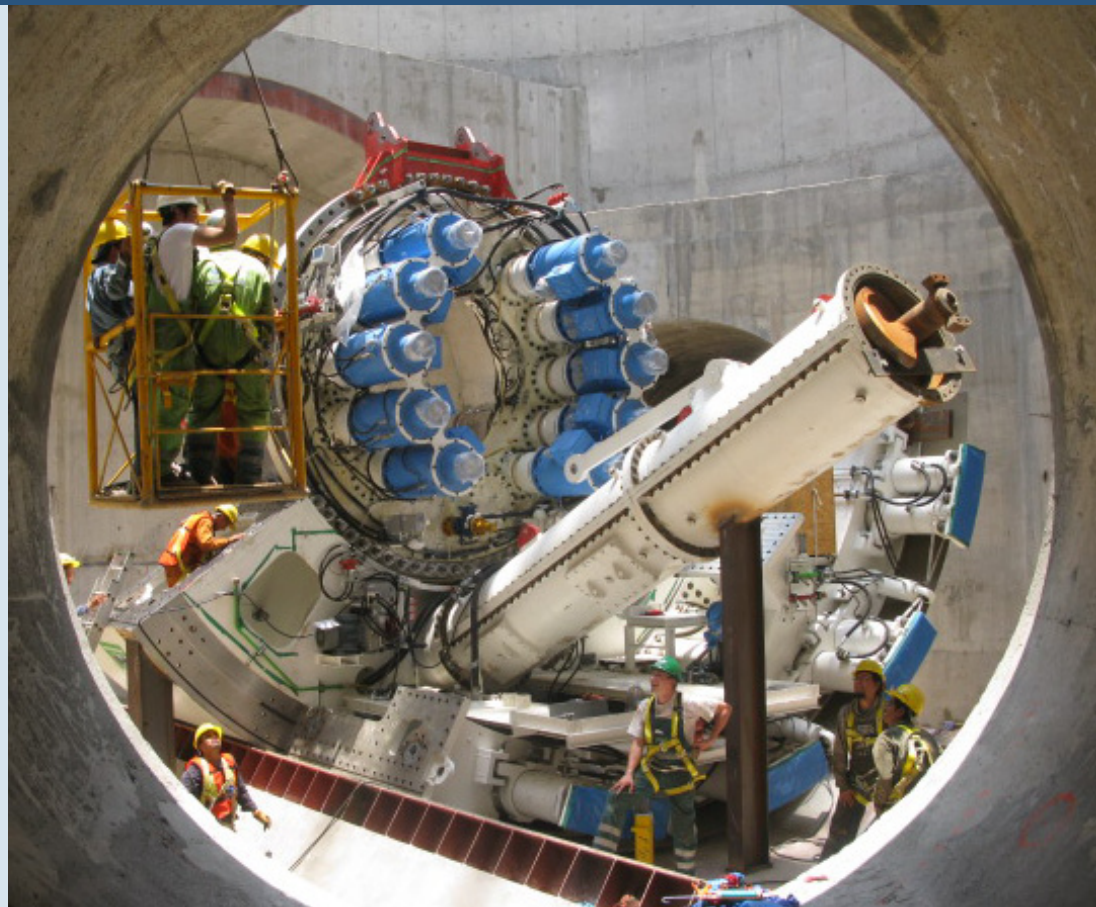


Figura 10. Descarga actual del Río San Javier y descargas de colectores a zona conflictiva del Emisor Poniente.

2. INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE CONSTRUIDA O EN PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DURANTE LA ADMINISTRACIÓN (2007-2012)



2.1 Introducción

El alto riesgo de inundaciones en la zona metropolitana del valle de México, con enormes consecuencias económicas, políticas y sociales obligaron a poner en marcha la ingeniería y la construcción de la infraestructura de drenaje identificada en el Programa de Sustentabilidad Hídrica del Valle de México. Las fuentes de financiamiento para estudios, proyectos y obras provienen, fundamentalmente, de recursos federales y de recursos del Fideicomiso 1928 “para apoyar el proyecto de saneamiento del Valle de México”.

2.2 Obras de emergencia de corto plazo (2006-2007), para atenuar los riesgos de inundación y para permitir la inspección del Túnel Emisor Central

A principios del año 2007 se instrumentó un programa de emergencia para permitir inspeccionar y reparar el Túnel Emisor Central también llamado el Sistema de Drenaje Profundo durante el estiaje y para mejorar la operación del sistema de drenaje superficial.

Con estas obras, en el corto plazo se pudo desalojar por el Gran Canal hasta 45 metros cúbicos sobre segundo, recuperando 30 metros cúbicos sobre segundo como parte de la capacidad perdida por hundimientos; la capacidad de desalojo en el Sistema de Drenaje pasó temporalmente de 165 a 195 metros cúbicos sobre segundo.

Este programa incluyó la construcción de cuatro grandes plantas de bombeo:

1. Gran Canal km 11+600, con capacidad de 21 metros cúbicos sobre segundo.
2. Superficial Casa Colorada, con capacidad de 20 metros cúbicos sobre segundo.
3. Canal de Sales, con capacidad de 10 metros cúbicos sobre segundo.
4. Vaso El Cristo con capacidad de 9 metros cúbicos sobre segundo.

La primera permitió mejorar la conducción de las aguas residuales a través del Gran Canal. La segunda planta mejora las condiciones de descarga del río Churubusco y del Dren General del Valle en la zona de Texcoco y su sistema de drenaje, aliviando hacia la Laguna de Regulación Casa Colorada. La tercera planta tiene la función de aliviar el Dren General del Valle a través del Canal de Desfogue que descarga al Gran Canal del Desagüe a la altura del kilómetro 20+000. Finalmente, la cuarta planta tiene la función de reducir las descargas hacia el río de los Remedios y conducir las al Emisor del Poniente, evitando su almacenamiento prolongado en el Vaso El Cristo.

Con ello se pudo inspeccionar el Sistema de Drenaje Profundo y llevar a cabo, a partir del estiaje de 2008, los trabajos de mantenimiento y rehabilitación del Emisor Central.

Sin embargo, las obras de emergencia construidas tienen una vida útil reducida debido a su ubicación y a los hundimientos del suelo en el Valle. Desde su concepción se consideraron como provisionales, en tanto termina la construcción de infraestructura complementaria, sobre todo el nuevo Túnel Emisor del Oriente (TEO) y otra infraestructura importante de bombeo.

Además de las obras antes referidas, con recursos federales y del Fideicomiso 1928, se ha trabajado en obras de rehabilitación del drenaje superficial, como lo son, entre otras: el entubamiento del Gran Canal del Desagüe hasta su confluencia con el Río de los Remedios; la sobre elevación y rectificación de bordos en los cauces del Canal General, Río de la Compañía, Dren General del Valle, Río de los Remedios y del Emisor del Poniente en su tramo a cielo abierto.

Obras de emergencia

**GRAN CANAL
KM 11+600**



**CASA COLORADA
SUPERFICIAL**



**VASO
EL CRISTO**



**CANAL
DE SALES**



Plantas de bombeo de emergencia.

2.3 Obras complementarias del sistema troncal de drenaje del Valle de México

Otras obras muy importantes, que serán parte del Sistema de Drenaje Profundo y que otorgarán capacidad adicional de evacuación, además de la flexibilidad requerida para el mantenimiento y operación del drenaje del Valle de México son el Túnel Interceptor Río de los Remedios (TIRR), el Túnel Río de la Compañía (TRC) y el Túnel Emisor Oriente (TEO), así como las plantas de bombeo complementarias de La Caldera, Casa Colorada Profunda y El Caracol.

a) Túnel Interceptor Río de los Remedios (TIRR) y sus obras de captación

El túnel ya se encuentra terminado, con 5 metros de diámetro, longitud de 10.7 kilómetros y una capacidad para conducir hasta 80 metros cúbicos sobre segundo. Dará mucha flexibilidad a la operación del sistema, al conectar el Interceptor Oriente del Sistema de Drenaje Profundo con el Túnel Emisor Oriente (TEO), en construcción, y con la Laguna de Regulación Casa Colorada, a través de la planta de bombeo Casa Colorada Profunda, en operación desde marzo de este 2012 (con una capacidad hasta de 40 metros cúbicos).

Para su aprovechamiento, el TIRR contará con diversas obras de captación, tres de las captaciones permiti-

rán incorporar al drenaje profundo los caudales del Dren General del Valle, provenientes del río de la Compañía, dren Xochiaca y Río Churubusco, entre otros, y los escurrimientos superficiales del canal Río de los Remedios. A su vez, apoyará el vaciado de la Laguna de Regulación Casa Colorada hacia el drenaje profundo, incluido el TEO.

Al TIRR se asocian otras siete captaciones, correspondientes con las descargas municipales de Ecatepec, Nezahualcóyotl y de la Delegación Gustavo A. Madero.

Las captaciones asociadas a las plantas de bombeo Otumba y Las Vegas, así como del Gran Canal del Desagüe, al descargar en la confluencia del TIRR con el TEO (precisamente en la lumbrera L2 del TIRR, que corresponde a la LO del TEO), quedan integradas con otras 12 obras de captación del TEO y con la construcción misma del nuevo túnel. Para evitar contratiempos, la construcción de estas tres captaciones se incorporó a las actividades de construcción del TEO.

La operación de las captaciones será por gravedad, pero será necesario mantener en óptimas condiciones el funcionamiento de las actuales plantas de bombeo tanto para emergencias como para permitir el mantenimiento al túnel durante el estiaje.

Funcionamiento del Túnel Interceptor Río de los Remedios, Túnel Emisor Oriente, captaciones y obras de emergencia



Figura 11. Sistema de obras de drenaje del oriente y centro del Valle de México.

Principales obras de drenaje asociadas al Túnel Interceptor Río de los Remedios



Túnel Interceptor Río de los Remedios.

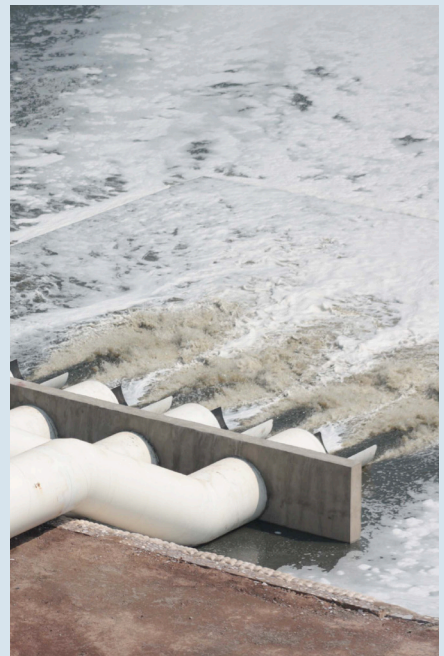


Planta de bombeo Casa Colorada Profunda.

Principales obras de drenaje asociadas al Túnel Interceptor Río de los Remedios



Microtúneles, captaciones del TIRR.



Laguna de Regulación Casa Colorada.

b) Sistema Río de la Compañía: Presa La Gasera, Túnel Río de la Compañía, captaciones y planta de bombeo La Caldera

Ante la problemática que ha representado el canal Río de la Compañía y la ruptura de sus bordos en el tramo que va del cruce con la autopista México-Puebla a la carretera federal México-Puebla, el Gobierno Federal junto con el Estado de México, emprendieron las acciones para el control de avenidas sobre el Río de la Compañía, para evitar las inundaciones y proceder al retiro de los bordos del tramo conflictivo.

Se concibió una solución integral, más segura y duradera, consistente en un sistema de presas para el control de los escurrimientos, aguas arriba de la confluencia de los ríos San Francisco y San Rafael, un túnel que permite conducir las aguas pluviales y residuales en el tramo conflictivo entre la autopista y la carretera federal México-Puebla, además de las obras de captación del agua proveniente por el río mismo y de los municipios colindantes al túnel, así como una planta bombeo que permite elevar el agua del túnel al tramo de río donde éste ya no presenta problemas por los bordos.

Como complemento a estas obras, se lleva a cabo la construcción de un colector sanitario que permitirá durante las épocas de estiaje conducir las aguas negras sin bombeo, retirar los bordos del canal para eliminar los hundimientos diferenciales y posibilitar el mantenimiento del túnel. Este nuevo colector se conoce como Ducto de Estiaje.

A continuación se describen las obras concluidas y las que se encuentran en proceso, así como las acciones u obras complementarias para lograr la solución integral del sistema Río de la Compañía.

Obras concluidas

De las obras identificadas, a la fecha se ha avanzado en la construcción y puesta en marcha de lo siguiente:

- Un túnel de 5 metros de diámetro interior y casi 7 kilómetros de longitud, a una profundidad aproxi-

mada de 20 metros con capacidad para conducir hasta 40 metros cúbicos sobre segundo.

- Una planta de bombeo con capacidad de 40 metros cúbicos sobre segundo, que eleva 35 metros el agua conducida por el túnel hasta el canal Río de la Compañía, donde este ya no presenta problemas de asentamientos y, en consecuencia, de rompimiento de bordos, para llevarla por gravedad hasta su salida del Valle de México o regulación en el Lago de Texcoco. La planta de bombeo se integra por una lumbrera de rejillas y dos cárcamos de bombeo, con un total de 16 bombas de 2 metros cúbicos sobre segundo cada una y ocho bombas de 1 metro cúbico sobre segundo cada una, estas últimas permiten manejar el caudal base, accionadas por motores de 1000 y 500 caballos de fuerza cada uno respectivamente, además de las obras auxiliares y de edificación, como son los centros de generación con diez moto generadores de 2,500 Kilowatts de potencia nominal cada uno, oficinas administrativas y de control, así como equipos auxiliares (rejillas, compuertas, agujas y grúas). Esta planta de bombeo es accionada con energía eléctrica para un caudal de hasta 8 metros cúbicos sobre segundo que corresponde con el caudal base máximo extraordinario de aguas negras, aunque el respaldo de moto generación es para el 100 por ciento de la capacidad instalada.
- Un total de diez obras de captación al túnel. Las captaciones Ayotla Oriente y Darío Martínez se construyeron en dos etapas, manteniendo el bombeo hasta haber suspendido el flujo en el río, a fin de no poner en mayor riesgo la estabilidad de los bordos.
- La Presa de Regulación La Gasera, ubicada en la confluencia de los Ríos San Francisco y San Rafael, con capacidad de 800 mil metros cúbicos, para almacenar hasta un 55 por ciento del volumen producido por lluvias con periodos de retorno de hasta 100 años y desfogue controlado a no más de 30 metros cúbicos sobre segundo hacia el río en la parte baja. En 2010, se llevaron a cabo las obras de ampliación de 250 mil a 800 mil metros cúbicos.

Ubicación del Túnel Río de la Compañía y de la planta de bombeo La Caldera



Figura 12. Sistema de obras de drenaje del oriente-sur del Valle de México.

Principales obras de drenaje asociadas al Canal Río de la Compañía



Laguna de Regulación La Gasera.



Túnel Río de la Compañía.

Principales obras de drenaje asociadas al Canal Río de la Compañía



Planta de bombeo La Caldera.



Obra de captación del Canal Río de la Compañía al túnel.

Las anteriores obras se encuentran bajo un protocolo de operación adecuado y de control de basura y sólidos, que permiten evitar flujos a través del cauce del río donde actualmente se construye el Ducto de Estiaje y, en consecuencia, daños a los bordos aún existentes que, de cualquier manera, deben ser retirados, pues se encuentran actualmente en inminente inestabilidad. Este retiro de bordos se ejecuta conforme avanza la construcción del Ducto de Estiaje, que forma parte de la solución integral.

Obras en proceso para el retiro de bordos

Para tener la solución integral totalmente implementada, dar seguridad al sistema y poder retirar la totalidad de los bordos actuales del río entre la autopista y la carretera federal México-Puebla, se encuentran en proceso de construcción las siguientes obras, identificadas de origen como parte de una solución integral y que se habrán de concluir en el año 2012, a saber:

1. La construcción del colector sanitario "Ducto de estiaje" del Río de la Compañía, en una longitud aproximada de 6 kilómetros que habrá de concluirse a finales de 2012, entre la autopista México-Puebla y la estructura de control (ya construida) en la confluencia del Canal de la Compañía con el Canal General, frente a la lumbrera 3-A, estructura que evita el reflujos de la descarga de la planta de bombeo La Caldera hacia el Canal de la Compañía. El cajón será superficial, de diseño flexible para absorber los asentamientos del suelo, con preparación para pilotaje (sólo en caso de hundimientos diferenciales bruscos) y con una sección de 3.5 metros de base por 3 metros de altura, con capacidad para conducir hasta 16 metros cúbicos sobre segundo. El caudal medio de aguas residuales, para la urbanización total es de 3 metros cúbicos sobre segundo, permitiendo

así manejar un caudal de hasta 13 metros cúbicos sobre segundo para lluvias atípicas de estiaje, sin necesidad de transitarlas por el túnel, previendo no verse sorprendidos con lluvias fuera de temporada, lo que permitirá dar mantenimiento al túnel. Este conducto, en su tramo ya concluido, cuenta con una derivación a la lumbrera L2, de tal suerte que ha permitido transitar el agua superficialmente y bajarla al túnel en esta lumbrera y así poder inspeccionar el primer tramo entre las lumbreras L1A y L2; una vez realizada la inspección, se constató que este tramo del túnel se encuentra en perfectas condiciones. Además, en esta zona se amplió la capacidad de descarga de la captación a la planta de bombeo Guadalupe Victoria que, por el desmedido crecimiento urbano en su área de influencia se convino con el Estado de México construir un conducto paralelo a la descarga existente entre el cárcamo de bombeo y la lumbrera L2.

2. Rectificación de aproximadamente 2.4 kilómetros del Río de la Compañía a partir de la estructura de control, donde terminará el ducto de estiaje, pasando enfrente de la descarga de la planta de bombeo La Caldera (a la elevación 2232 metros sobre el nivel del mar). Además, la sobreelevación de bordos del río entre La Gasera y el cruce con la autopista México-Puebla en un tramo de 1.2 kilómetros, para asegurar la capacidad de conducción de los 30 metros cúbicos sobre segundo que como máximo puede desfogar de La Gasera.
3. Retiro de los bordos del Canal de la Compañía, que permita disminuir los hundimientos diferenciales generados por el peso de los mismos con efecto directo a la infraestructura, incluido el túnel, y la posterior gestión de un parque lineal (recuperación del entorno y mejoramiento del paisaje urbano).

La terminación de estas obras está prevista para finales del año 2012.

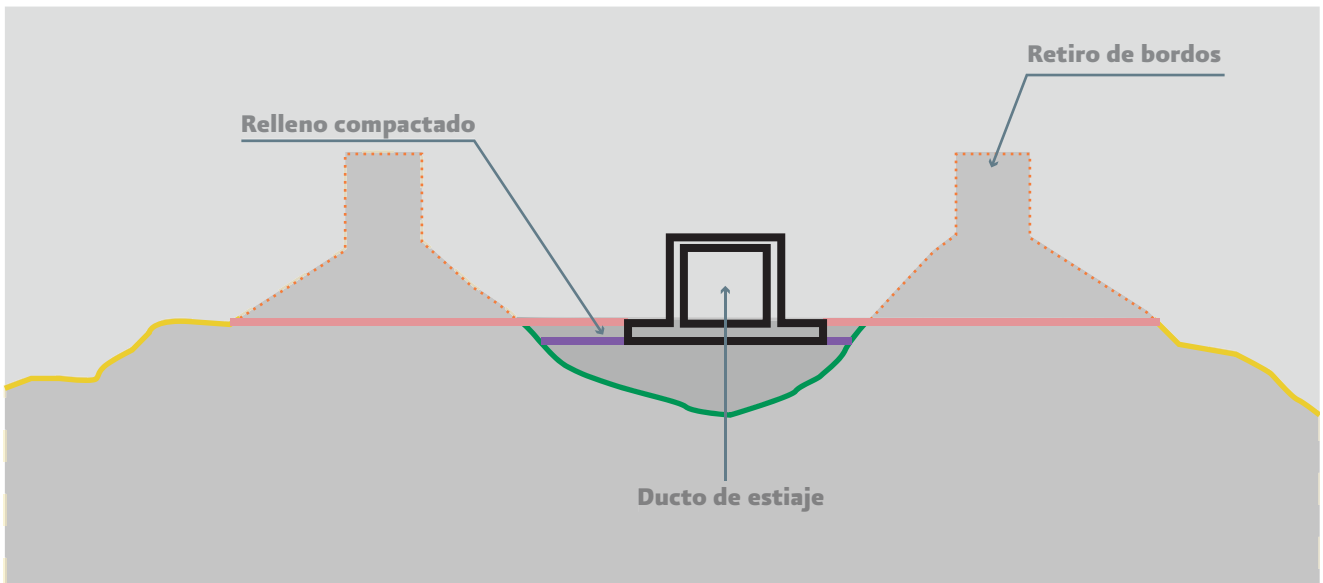


Figura 13. Ducto de Estiaje y retiro de bordos Canal Río de la Compañía.



Construcción del colector sanitario Ducto de Estiaje del Canal Río de la Compañía.

Obras complementarias (regulación, gestión y construcción)

Como complemento a lo anterior, será necesario dar seguimiento al compromiso y a las gestiones del gobierno del Estado de México para que en el mediano plazo, y en coordinación con el Organismo de Cuenca de Aguas del Valle de México de la Conagua, se lleve a cabo la construcción de otras siete presas de regulación en la parte alta de la cuenca del Río de la Compañía (cinco presas sobre el Río San Francisco y dos más sobre el San Rafael).

De los terrenos requeridos para la construcción de las siete presas, conforme a información del gobierno del Estado de México a la fecha de este informe se han adquirido un total de tres en forma total y uno más en forma parcial, los cuales se relacionan a continuación:

Río	Presa	Pedios adquiridos	Superficie adquirida (ha)	Comentarios
San Francisco	Jícaras	4	7.8	Falta adquirir un predio
	Texcahuey	-	-	Trámite suspendido
	Olivar	-	-	Aún no aceptan avalúo
San Rafael	Chihuahua	6	7.0	Disponible para obra
	Zoquiapan			Continúa negociación
San Rafael	Xaltocan	1	4.6	Disponible para obra
	Sto. Domingo	1	2.3	Disponible para obra

Cuadro 1. Situación a septiembre de 2009 de los predios para la construcción de las siete presas.

Si no fuera factible la adquisición de alguno de los sitios para la construcción de las siete presas faltantes (y aún siéndolo), existe la opción de aumentar aún más la capacidad de regulación en La Gasera mediante la modificación del fondo del vaso y el reforzamiento de bordos, lo cual tendría que realizarse durante la temporada de estiaje, con la necesidad de reubicar un colector municipal que atraviesa el vaso de la presa (colector San Marcos Huixtoco).

Finalmente, para el tramo entre la Presa de Regulación La Gasera y la Autopista México-Puebla, a partir de julio de este 2012 se han detectado problemas de agrietamiento, con la necesidad intrínseca de llevar a cabo estudios de detalle para identificar las mejores propuestas de solución.

Los sumideros y también los agrietamientos longitudinales se han venido tratando con un relleno de suelos granulares a manera de filtro invertido para reducir infiltraciones. Este es un tratamiento utilizado regularmente para este tipo de problemas.

Se recomienda llevar a cabo un estudio de prospección geofísica calibrada con sondeos, para establecer patrones de anomalías en el subsuelo, identificar oportunamente otros sitios de posible falla y plantear acciones de prevención y solución, como acopio de materiales granulares a lo largo del canal en zonas estratégicas para soluciones temporales y definir mejoras mayores para prevención y/o relleno de grietas, incluidas opciones de una posible nueva conducción.

Las inspecciones realizadas en el año actual (julio 24 y agosto 7 de 2012) hacen suponer que en este tramo del canal podrán generarse condiciones de riesgo semejantes a las que llevaron a la sustitución del tramo aguas abajo, por un túnel y un ducto cerrado.

Presas de regulación para evitar la saturación del Túnel Río de la Compañía

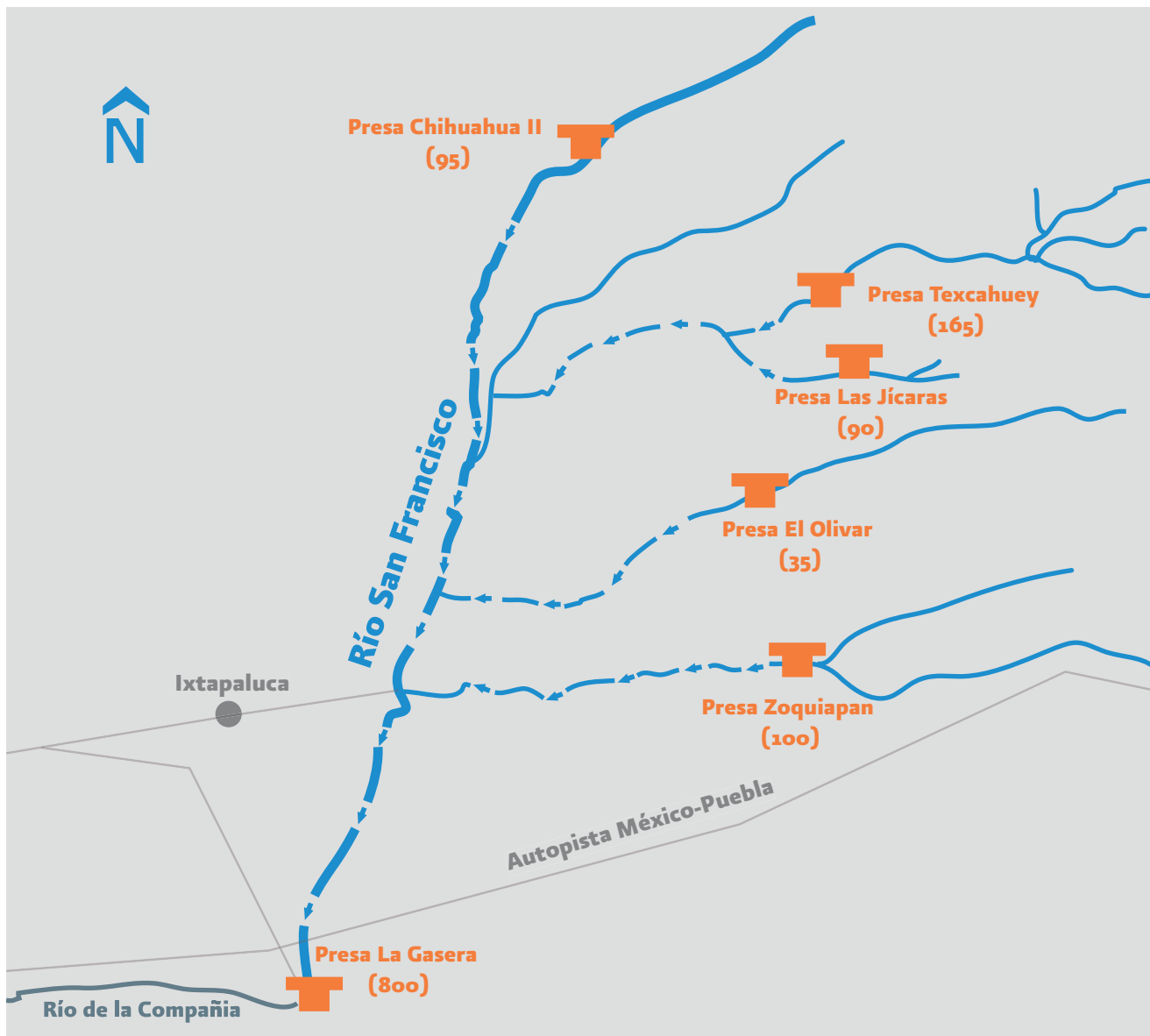


Figura 14. Presas de regulación sobre el Río San Francisco (capacidad en miles de metros cúbicos).

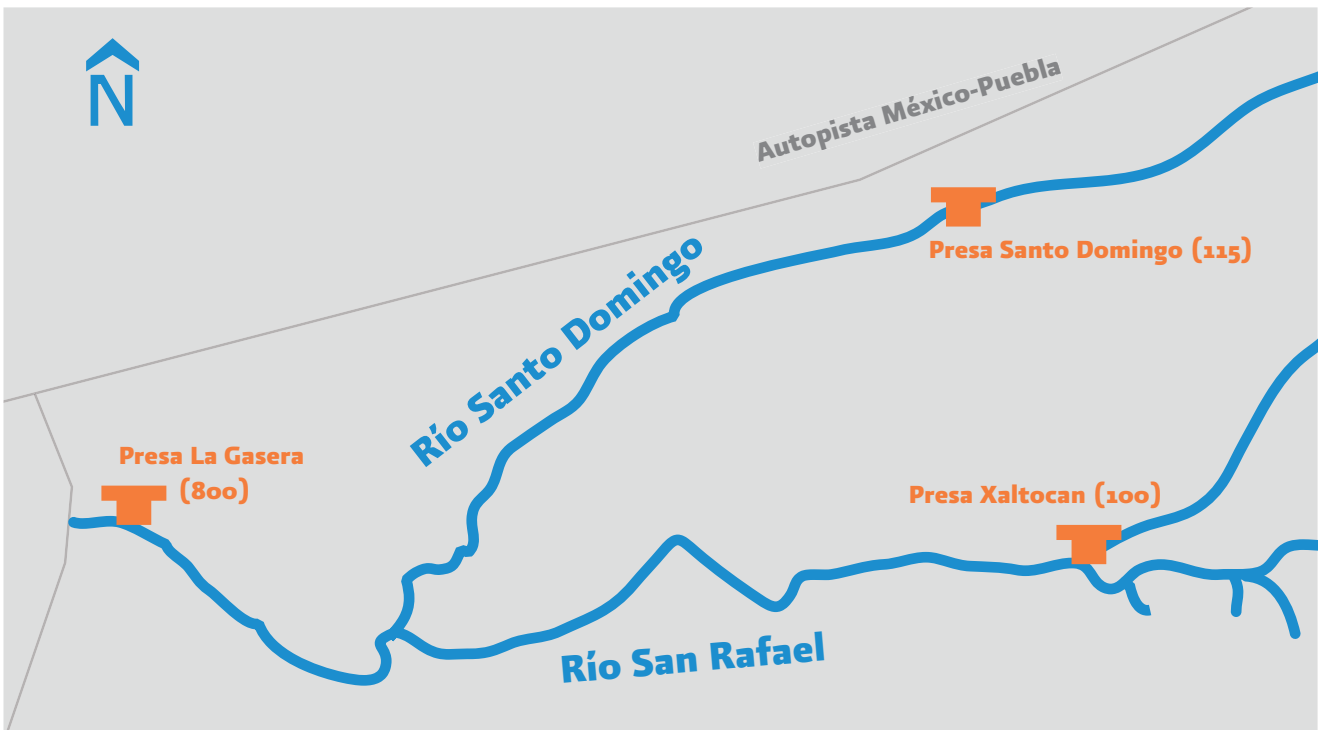


Figura 15. Presas de regulación sobre los ríos San Rafael y Santo Domingo (capacidad en miles de metros cúbicos).

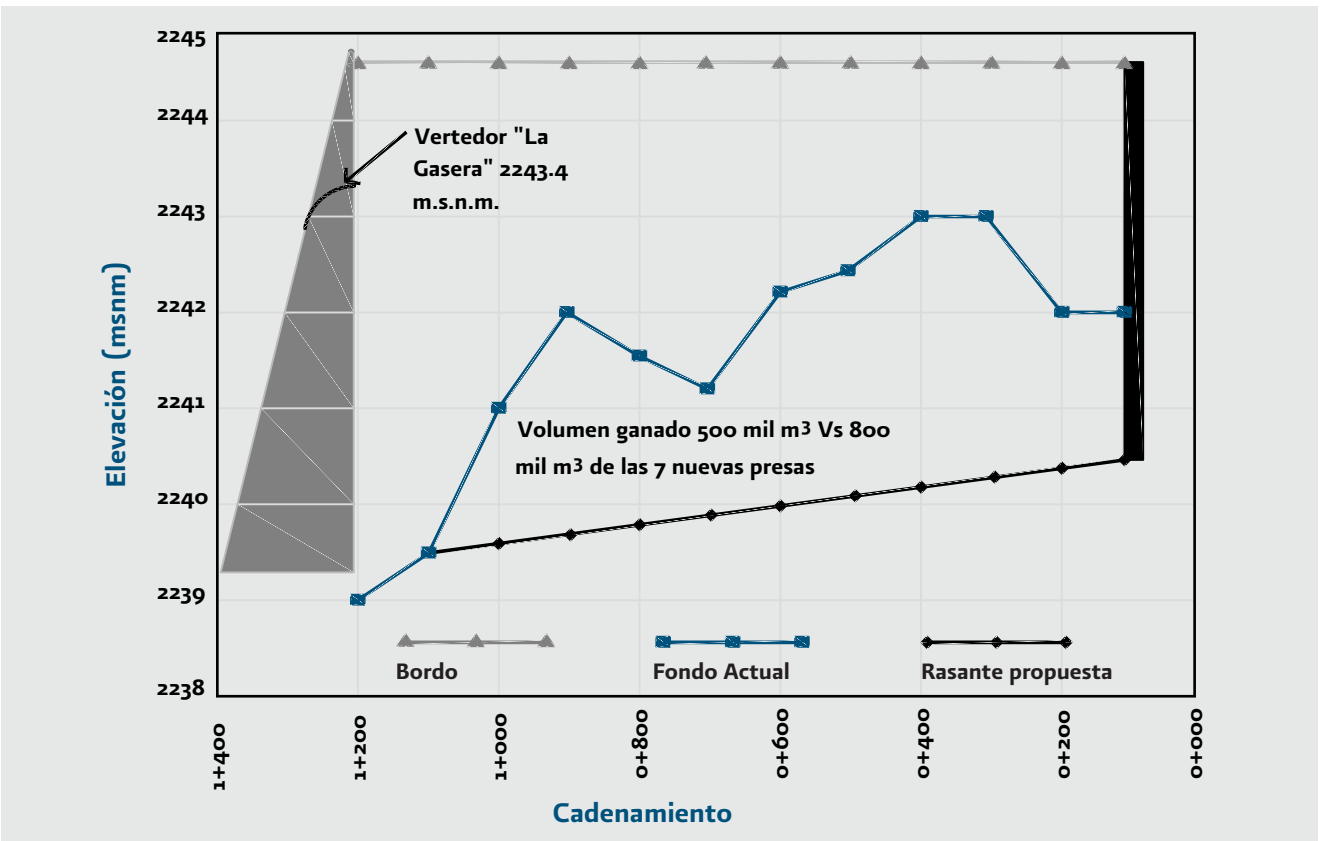


Figura 16. Perfil de fondo (excavación de la laguna La Gasera para dar mayor capacidad).



Relleno de grietas km. 3+150



**Relleno de grietas km. 3+000
(vista del desplazamiento de bordos)**

c) Planta de bombeo Casa Colorada Profunda

La planta de bombeo Casa Colorada Profunda se ubica al oriente del Valle de México, en los límites de los municipios de Atenco y Texcoco, Estado de México, muy cerca de la unión del Río de los Remedios con el Dren General del Valle, en la zona federal del Lago de Texcoco.

El contrato de trabajo incluyó el proyecto ejecutivo, construcción, equipamiento y puesta en marcha de una planta de bombeo para 40 metros cúbicos sobre segundo, para elevar el agua en 25 metros aproximadamente, desde el Túnel Interceptor Río de los Remedios (TIRR) hacia la Laguna de Regulación Casa Colorada, a través de 20 bombas verticales de 2 metros cúbicos sobre segundo de capacidad cada una, accionadas con motores diesel de mil caballos de fuerza cada uno. Se firmó otro contrato para la supervisión externa. La planta, ya concluida en su totalidad, incluye lumbrera de rejillas, obra de captación del Dren General del Valle y de la Laguna de Regulación Casa Colorada (para cuando se derive para su vaciado al Drenaje Profundo), dos cárcamos de bombeo, cuarto de máquinas, oficinas administrativas y

de control, así como equipos y auxiliares (rejillas, compuertas, agujas, equipos de bombeo verticales y de generación, figura 17).

La función de esta planta es primordial ya que permite dar mayor flexibilidad al sistema de drenaje con la implementación de nuevas opciones de manejo del agua de lluvia. Los excedentes de las lluvias que no pueden ser desalojados de la zona urbana, son bombeados para regulación en la Laguna Casa Colorada. A través de las obras de captación, la planta puede captar los excedentes superficiales del Río de los Remedios y del Dren General del Valle, e incluso del Gran Canal del Desagüe y el mismo drenaje profundo actual, aprovechando la interconexión del TIRR con el Interceptor del Oriente. Una vez que ha pasado la tormenta y el drenaje profundo ha regresado a condiciones normales de operación, el agua de la laguna puede regresar al drenaje profundo, a través del TIRR, o desalojada a través del Dren General del Valle y las plantas de bombeo Gran Canal 18+500 y Canal de Sales.

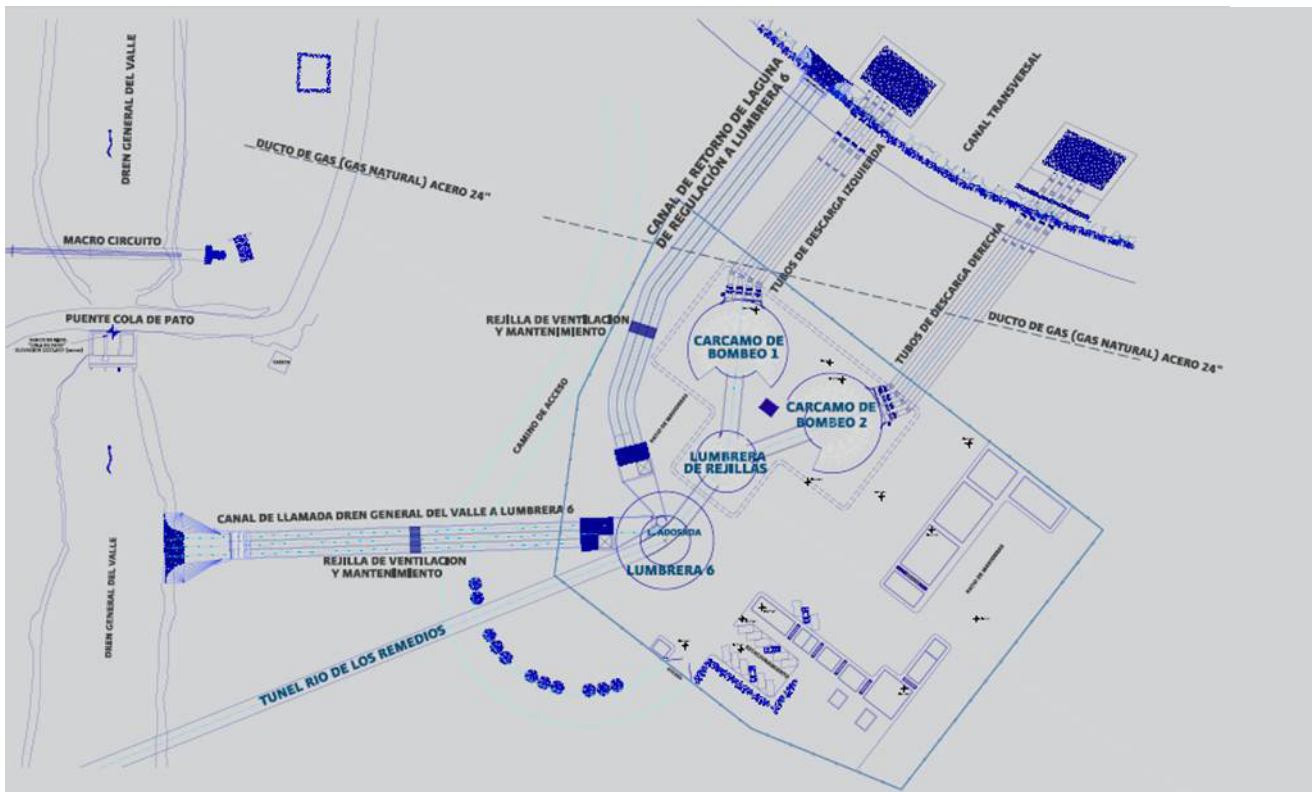


Figura 17. Arreglo de conjunto de la planta de bombeo Casa Colorada Profunda.



Vista de la planta de bombeo Casa Colorada Profunda.



Descarga a la Laguna de Regulación Casa Colorada.



Bombas de la planta de bombeo Casa Colorada Profunda.

Funcionamiento del sistema de obras (TIRR)

1 Captaciones	2 Canal Río de los Remedios	3 Túnel Interceptor Río de los Remedios TIRR
<p>Captan el agua residual y de lluvia para trasladarlas al Túnel Interceptor Río de los Remedios, ya sea a través de obras nuevas de captación o derivando agua del drenaje profundo (Interceptor Oriente).</p>	<p>Este cauce superficial también recibe el agua residual y de lluvia y las envía al Túnel Interceptor Río de los Remedios a través de la captación L3.</p>	<p>Recibe el agua proveniente de las captaciones y del canal Río de los Remedios. Puede funcionar en dos direcciones: hacia la planta de bombeo Casa Colorada Profunda o al Túnel Emisor Oriente, una vez en operación, así como al Interceptor Oriente.</p>

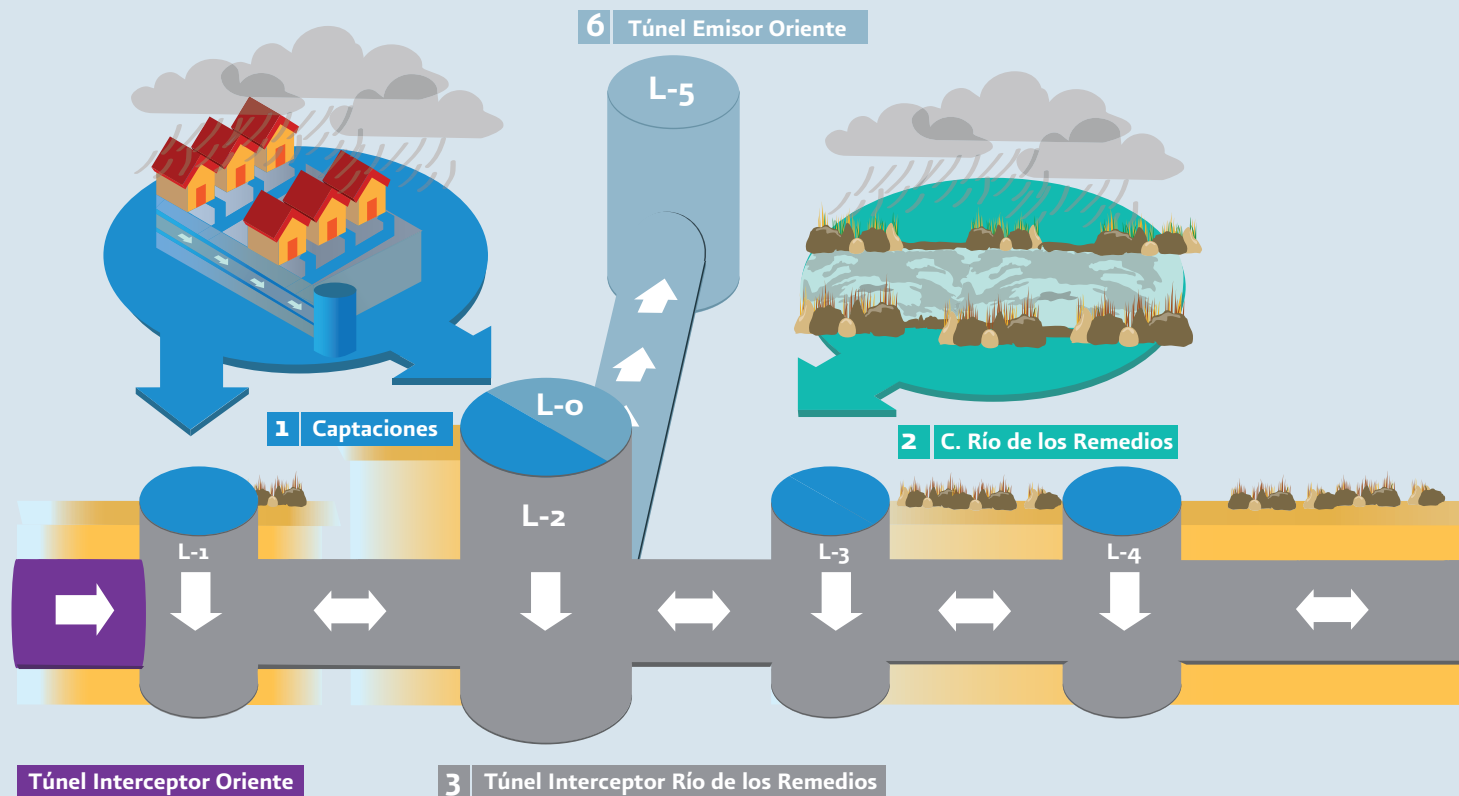
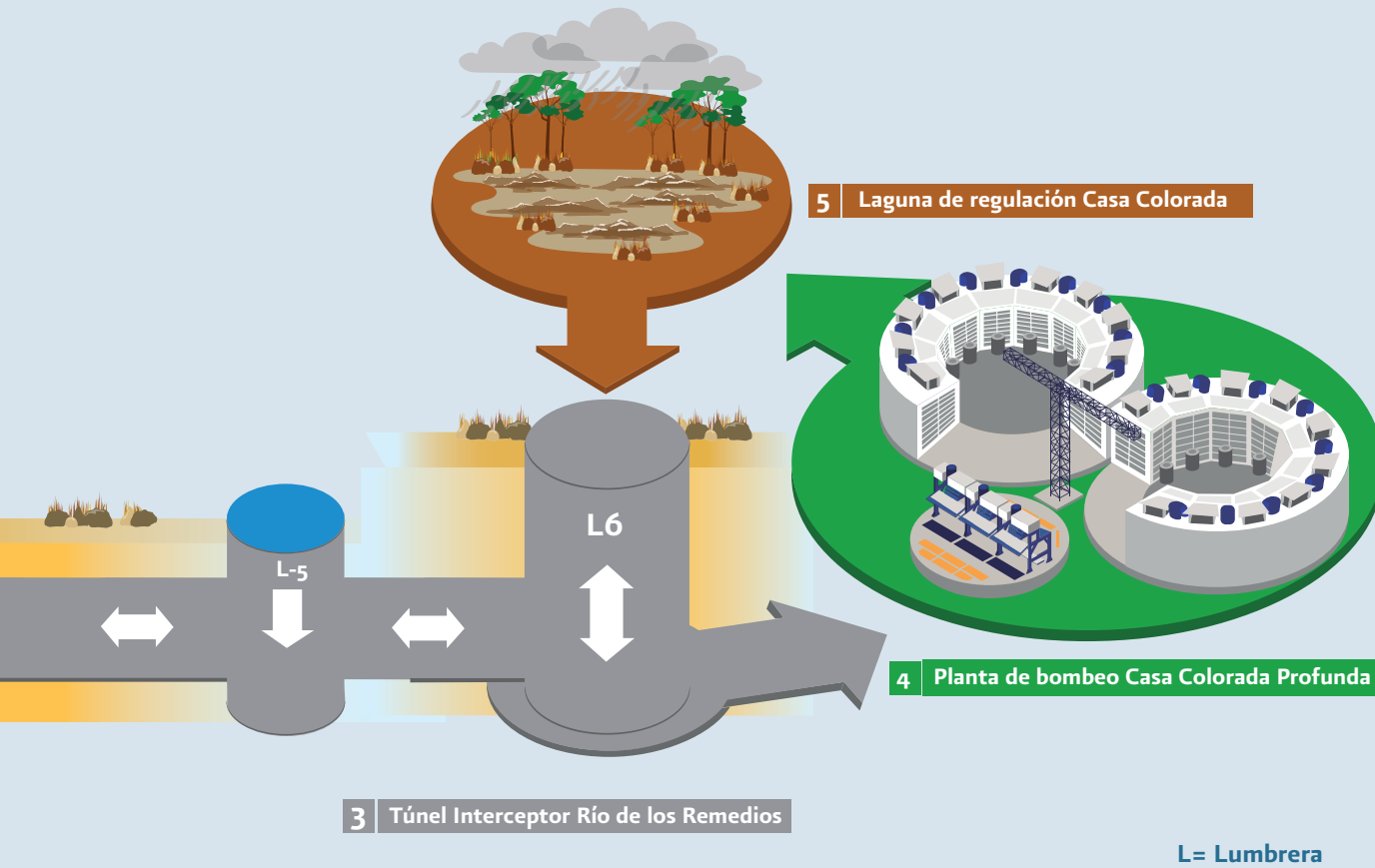


Figura 18. Esquema de funcionamiento de obras.

<p>4</p> <p>Planta de bombeo Casa Colorada Profunda</p>	<p>5</p> <p>Laguna de regulación Casa Colorada</p>	<p>6</p> <p>Túnel Emisor Oriente (TEO)</p>
<p>Eleva el agua entre 25 y 30 metros para enviarla a la laguna de regulación.</p>	<p>Recibe el excedente y permite el control de grandes volúmenes de agua residual y de lluvia.</p>	<p>Desalojará el agua residual y de lluvia del oriente de la ciudad.</p>



d) Planta de bombeo El Caracol

Se localiza en el municipio de Ecatepec de Morelos, Estado de México, en un terreno ubicado frente a la lumbrera L-5 del Túnel Emisor Oriente (TEO). A través de un túnel de desvío, de 5 metros de diámetro y 70 metros de longitud, tomará agua del TEO para descargarla al Gran Canal del Desagüe, a partir de la sección que conserva la capacidad de conducción para la emisión de las aguas residuales y de lluvia, es decir, fuera del parteaguas que han generado los asentamientos dentro de la zona urbana. Esta planta de bombeo y el primer tramo de 10 kilómetros del TEO entrarán en operación durante la temporada de lluvias de 2013 para aumentar la protección contra inundaciones desalojando hasta 40 metros cúbicos sobre segundo.

En épocas de estiaje permitirá apoyar las labores de mantenimiento del drenaje profundo y mantener un caudal base de 8 metros cúbicos sobre segundo para abastecer las zonas de riego de los Estados de México e Hidalgo a lo largo del Gran Canal. Una vez concluido el TEO, servirá, además, como una obra de alivio al Sistema de Drenaje Profundo para lluvias de alta intensidad.

La planta de bombeo se integra por una lumbrera de rejillas y dos cárcamos de bombeo, con 20 bombas de 2 metros cúbicos sobre segundo cada una accionada por un motor de mil 600 caballos de fuerza, para totalizar 40 metros cúbicos sobre segundo, para vencer un desnivel estático de 44 metros, además de las obras auxiliares y de edificación, como son los cuartos de máquinas con 12 moto generadores de tres mil 100 kilowatts de potencia nominal cada uno (tres por cada grupo de cinco bombas), oficinas administrativas y de control, así como equipos auxiliares (rejillas, compuertas, agujas y grúas).

Esta planta de bombeo puede ser accionada con energía eléctrica para un caudal de hasta 8 metros cúbicos sobre segundo que se debe mantener hacia el Gran Canal del Desagüe.

La planta de bombeo El Caracol es una obra derivada de la necesidad de aumentar la capacidad de desalojo



Planta de bombeo El Caracol.

de las aguas residuales y pluviales del Valle de México, contrarrestando la pérdida en la capacidad del drenaje superficial, ocasionada por los asentamientos del suelo.

Se firmaron dos contratos para la construcción de esta planta de bombeo:

- El primero para las obras subterráneas que incluyen la lumbrera de rejillas y los dos cárcamos de bombeo, así como un túnel de interconexión de 5 metros de diámetro y aproximadamente 70 metros de longitud entre la lumbrera L-5 del TEO y el cárcamo de rejillas, y otros dos túneles de interconexión, también de 5 metros de diámetro, entre la lumbrera de rejillas y los dos cárcamos de bombeo, incluyendo las acciones de mejoramiento de suelo para su construcción.

- El segundo contrato considera la obra civil dentro de los cárcamos (para alojar rejillas y bombas), así como la obra superficial para construcción de edificios, tanques de carga y dos líneas de conducción de 3.05 metros de diámetro para descarga al Gran Canal. Incluye, además, el equipamiento electromecánico.



Construcción de la planta de bombeo El Caracol.

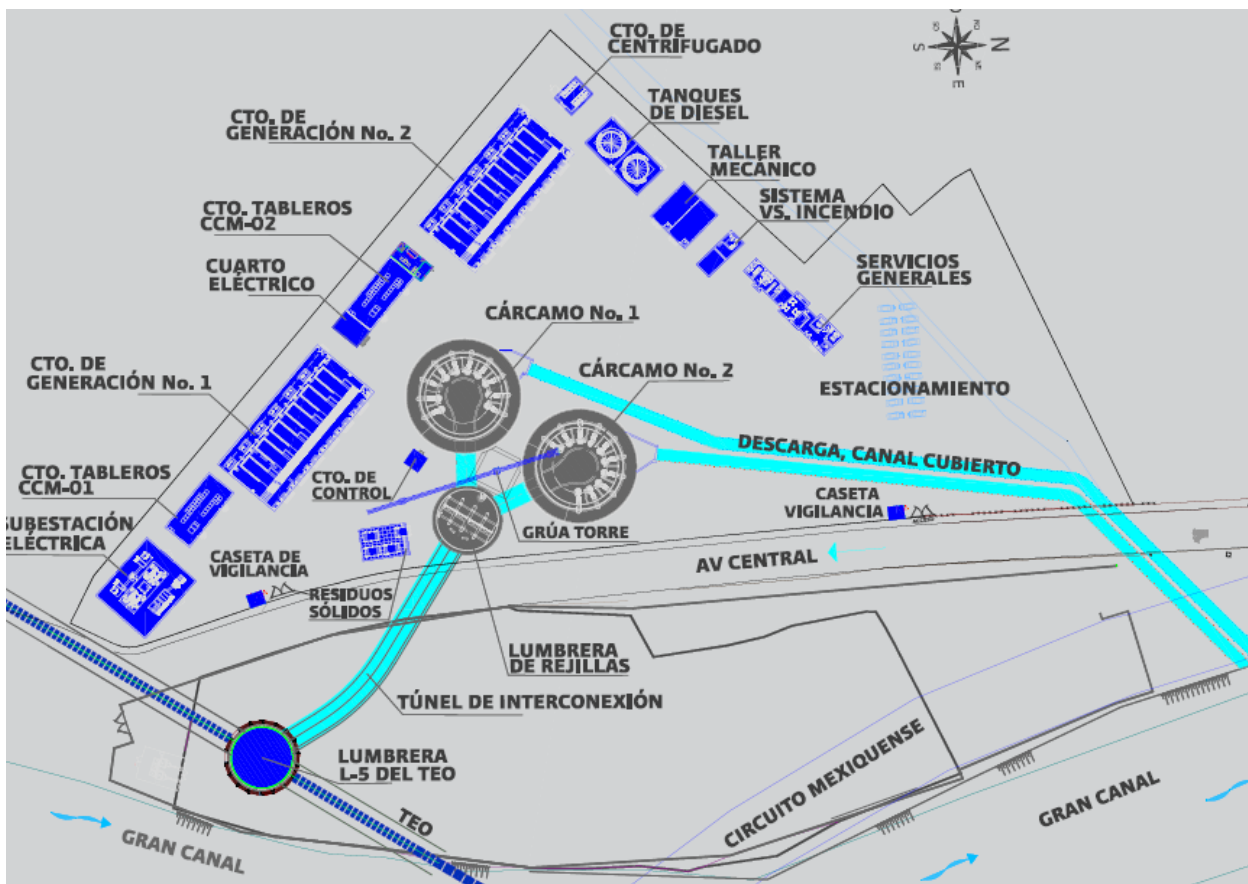


Figura 19. Arreglo de conjunto de la planta de bombeo El Caracol.

Funcionamiento del sistema de obras, TIRR-primer tramo del TEO

1	2	3
Túnel Interceptor Río de Los Remedios TIRR	Captaciones	Túnel Emisor Oriente TEO
Dirige el agua del Túnel Emisor Central (TEC) al Túnel Emisor Oriente y/o de la laguna Casa Colorada al TEO y/o TEC.	Sistema de tuberías que transporta el agua residual y de lluvia al Túnel Emisor Oriente.	Recibe el agua residual y de lluvia del Túnel Interceptor Río de los Remedios y de las captaciones.

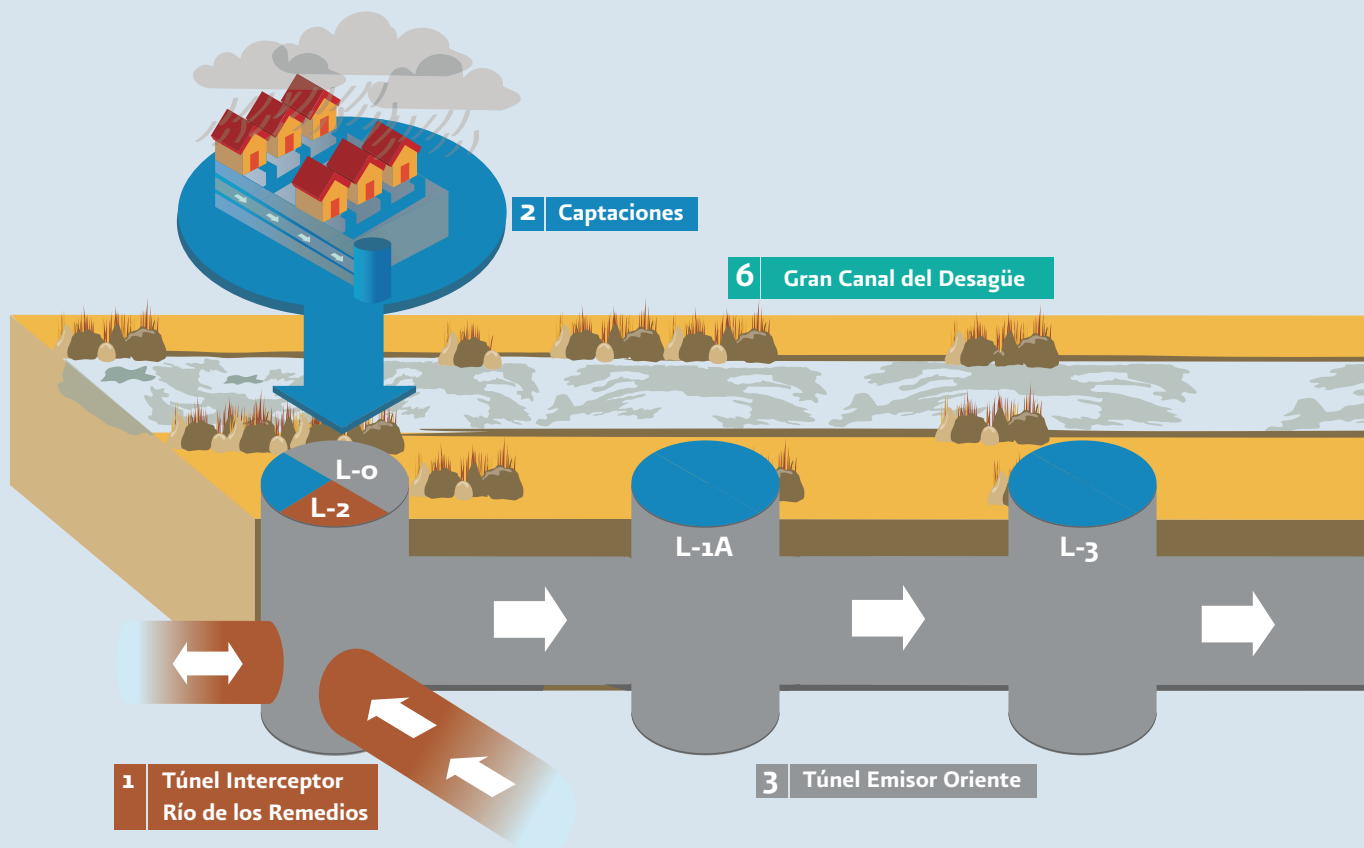
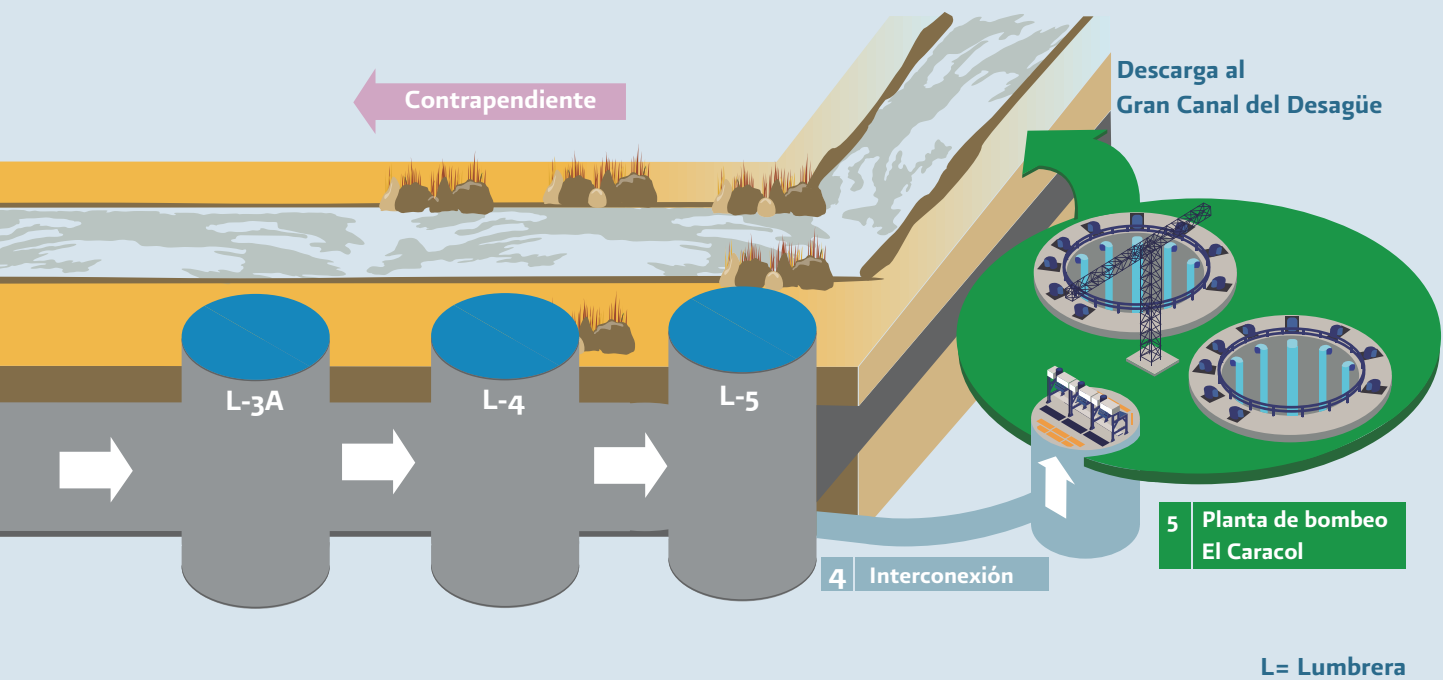


Figura 20. Esquema de funcionamiento de obras.

4	5	6
Interconexión TEO - Planta de bombeo El Caracol	Planta de bombeo El Caracol	Gran Canal del Desagüe
Ducto que envía el agua del Túnel Emisor Oriente a la planta de bombeo El Caracol.	Recibe el agua del túnel para bombearla al Gran Canal del Desagüe.	Drenaje superficial del oriente de la ciudad.



e) Proyecto ejecutivo del Túnel Emisor Poniente II, recuperación del tramo muerto del Río San Javier y proyectos de acción inmediata

Túnel Emisor del Poniente II

La Coordinación de Proyectos Especiales de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento del Valle de México desarrolló el Proyecto Ejecutivo del Túnel Emisor Poniente II, mismo que reforzará al actual Emisor del Poniente para garantizar el desalojo eficiente de las aguas pluviales y residuales provenientes de los escurrimientos de la zona Norponiente compuesta por los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla, Atizapán y Cuautitlán Izcalli en el Estado de México, resguardando así a la Zona Metropolitana del Norponiente de inundaciones y cualquier catástrofe asociada con eventos de lluvias extraordinarias.

El trazo del Túnel Emisor Poniente II inicia con una captación sobre el Río Tlalnepantla, y termina en una estructura para descargar en el canal a cielo abierto del Emisor del Poniente, ubicado en San Martín Obispo (Lechería).

El proyecto ejecutivo considera la construcción mecanizada del túnel, con el empleo de máquinas tuneladoras que permitan excavar en forma rápida, eficiente y segura a través de las formaciones geológicas detectadas en el trazo del túnel. De igual manera, el proyecto para la construcción de lumbreras y captaciones a este túnel contempla la aplicación de procedimientos constructivos acordes a la geología del lugar.

El TEP II, estará compuesto por un cajón de 7 por 7 metros desde la captación del Río Tlalnepantla hasta la captación del Río Atizapán con una longitud de 910 metros. A partir de este sitio, será un túnel de 7 metros de diámetro y 2.2 kilómetros de longitud. En la inmediaciones de la zona de Valle Dorado continuará como cajón de 8 por 5.5 metros para captar el Río San Javier (incorporado el Xochimanga) en poco más de un kilómetro de longitud. Después, un túnel de 5.5 kilómetros de longitud y 7 metros de diámetro hasta el portal de salida ubicado en Cuautitlán Izcalli, para descargar finalmente en un cajón de 7 por 7 metros y 0.3 kilómetros de longi-

tud hasta el Canal a cielo abierto del Emisor del Poniente (figura 21).

El proyecto descrito respeta las recomendaciones de funcionamiento hidráulico emitidas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM para no comprometer la capacidad del drenaje profundo con una descarga del TEP II a través de la lumbrera 4 del Emisor Central y, en cambio, aprovechar el cauce a cielo abierto del Emisor del Poniente actual recibiendo sin bombeo el agua del nuevo TEP II.

Para atender completamente las recomendaciones del Instituto de Ingeniería de la UNAM, es necesario:

1. Ajustar en 3.1 metros la cota de plantilla para que el TEP-II se pueda ligar en una siguiente etapa constructiva con el Vaso El Cristo.
2. Entre el Vaso El Cristo y el río Tlalnepantla, diseñar y construir un conducto complementario que permita vaciar mucho más rápido el Vaso El Cristo, sin tener que hacerlo hacia el Río de los Remedios sino hacia el canal abierto del Emisor del Poniente, argumentando que, de esta manera, se tendría un sistema de drenaje para todo el poniente de la zona urbana a través del Emisor del Poniente sin dejar pasar el agua hacia las zonas más comprometidas del centro y el oriente.
3. Rectificar el cauce a cielo abierto del emisor, principalmente con la modificación de puente viales y sobre elevación de bordos en tramos.

El proyecto para reforzar la descarga del Vaso El Cristo hacia los emisores del poniente, descargando preferentemente en el túnel actual aliviado ya por el nuevo TEP II, tendrá que ser hecho con uno o varios cajones que funcionen a presión y con la losa superior al nivel de la calle; esto es inevitable dado que los niveles en el Vaso El Cristo están por encima del nivel de la calle en

esas zonas cercanas. Ante esto, será necesario concertar con los vecinos de Ciudad Satélite, para que se permita construir dicho conducto superficial con sección estimada de 10 metros de base por 3 metros de altura, localizado por Circuito Escultores y Circuito Puericultores, a lo cual actualmente se oponen. Esto queda para una etapa a futuro y será necesario contratar los proyectos complementarios correspondientes, incluido el ajuste de rasante hidráulica del proyecto actual y que no genera mayor cambio en las condiciones geotécnicas y estructurales del proyecto actual.

La construcción del TEP II puede iniciar de inmediato pues el tiempo de construcción estimado es superior al necesario para desarrollar los proyectos faltantes y llevar a cabo la rectificación del canal a cielo abierto.

Asimismo el personal del Estado de México solicitaba bajar los niveles de proyecto del nuevo Túnel Emisor del Poniente, a fin de drenar por gravedad la zona de Valle Dorado, lo que implicaba nuevamente la descarga al Sistema de Drenaje Profundo, o bien una gran planta de bombeo para descargar al tramo a cielo abierto del emisor del poniente ; también se concilió, por mediación del Instituto de Ingeniería de la UNAM, que no era la mejor opción.

Funcionamiento por gravedad



Capacidad	112 m ³ /s
Diámetro	7.0 m
Longitud	9.8 km
Portal de salida	1
Lumbrera	1

Geometrías

- Tlalnepantla-Atizapán, Cajón de 7x7 m
- Atizapán-Valle Dorado, Túnel 7m
- Valle Dorado, Cajón de 8 por 5.5 m
- Valle Dorado-Portal de Salida, Túnel 7 m
- Portal de Salida, Cajón de 7x7 m

Profundidad de 12 a 110 m

* Los gastos en las descargas son gastos una vez transitados

Figura 21. Trazo del Túnel Emisor Poniente II.

Recuperación del tramo muerto del Río San Javier

Adicionalmente, para dar mayor protección contra inundaciones a la zona de Valle Dorado, el proyecto desarrollado incluye, también, la recuperación del tramo muerto del Río San Javier, aguas abajo de la confluencia con el Emisor del Poniente, proyectando las diferentes captaciones, estructuras de control y conducciones requeridas, para poder descargar al Túnel existente Semiprofundo Río San Javier, que a su vez descarga el Túnel Centro Poniente del Sistema de Drenaje profundo del SACM.

El tramo del Río San Javier a recuperar tiene una longitud de 2.7 kilómetros y está diseñado para conducir un gasto de hasta 14 metros cúbicos sobre segundo, con 2.8 metros de diámetro y cinco lumbreras constructivas. Además considera una conexión de 1.60 metros de diámetro con Valle Dorado que permitirá, ante cualquier contingencia de inundación, el rápido drenado de la zona.

Las obras asociadas al TEP-II, así como para la recuperación del Cauce del San Javier, requieren inversiones superiores a los 3,500 millones de pesos y 500 millones de pesos respectivamente. Los recursos del Fideicomiso 1928 son limitados y gran parte de ellos están comprometidos por los próximos tres años (hasta el año 2015) con la construcción del Túnel Emisor Oriente, por lo que se deberá continuar con las gestiones para la obtención de recursos para estas obras. Además, para el caso del Río San Javier, para el cual está concesionado el túnel semiprofundo al cual descargaría el nuevo conducto, es necesario gestionar ante el municipio de Tlalnepantla y con la propia Concesionaria para que sea factible hacer la descarga del nuevo conducto al semiprofundo mencionado, lo cual, bajo un protocolo de operación adecuado, sólo se haría en eventos de lluvia extraordinarios.



Adecuación de la descarga del Río San Javier y captación de colectores en Valle Dorado al TEP. Acción inmediata

Las obras del TEP-II y la recuperación del San Javier, han sido previstas para una tormenta cuya recurrencia es del orden de los 50 años (de acuerdo a la probabilidad y estadística, sólo una vez en cada 50 años se presenta esta tormenta, muy coincidente con la que se presentó en el año 2008).

Por los costos y tiempos que implica la construcción del TEP-II y la recuperación del San Javier, ha sido necesario llevar a cabo un proyecto de acción inmediata, el cual ha sido consensado entre los tres niveles de gobierno y las asociaciones que representan a los Colonos de Valle Dorado, que permita un mejor manejo de los eventos de lluvia con períodos de retorno menores (10 años) para mitigar la problemática y disminuir los problemas de inundaciones.

Este proyecto de acción inmediata permitirá eficientar la descarga del Río San Javier al Emisor Poniente, considerando la intercepción de los colectores que descargan en el tramo de menor capacidad del TEP (de 45 metros cúbicos sobre segundo), entre ellos el colector Atizapán, proponiendo hacer la descarga al Emisor Poniente donde éste cambia de sección y aumenta su capacidad a 80 metros cúbicos sobre segundo. Este mismo proyecto considera la rehabilitación del Río San Javier en el tramo entre el club de Golf “La Hacienda” y sus afluentes (Xochimanga y Verdín).

Para estas obras de atención inmediata ya se encuentran comprometidos recursos del Fideicomiso 1928, disponiéndose de una primera partida, que permite iniciar con la obra de eficientización de la descarga del San Javier al TEP. Estas obras serán ejecutadas a través del Organismo de Cuenca de Aguas del Valle de México de la Conagua.

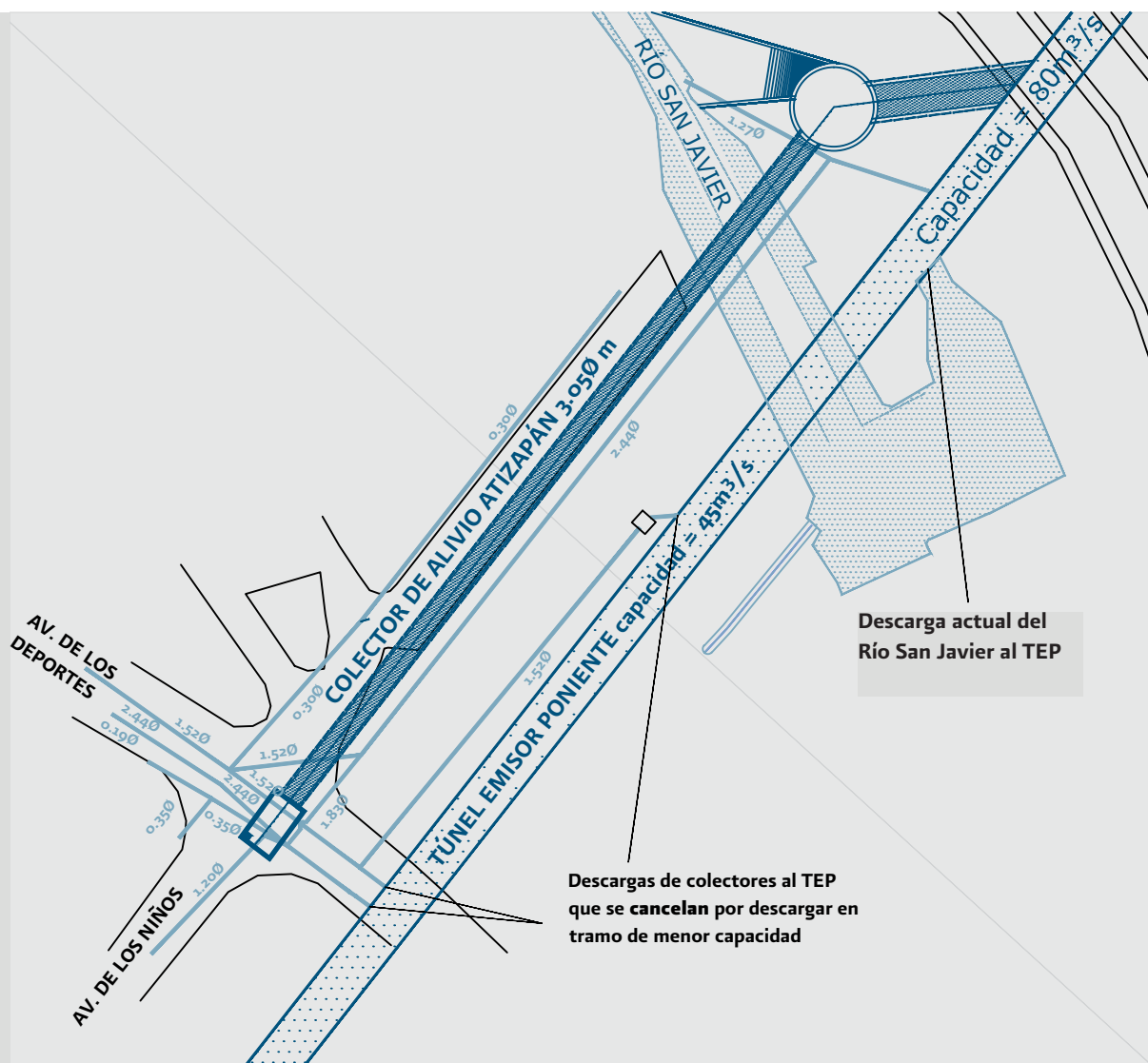


Figura 22. Proyecto de alivio del Río San Javier y captación Atizapán.

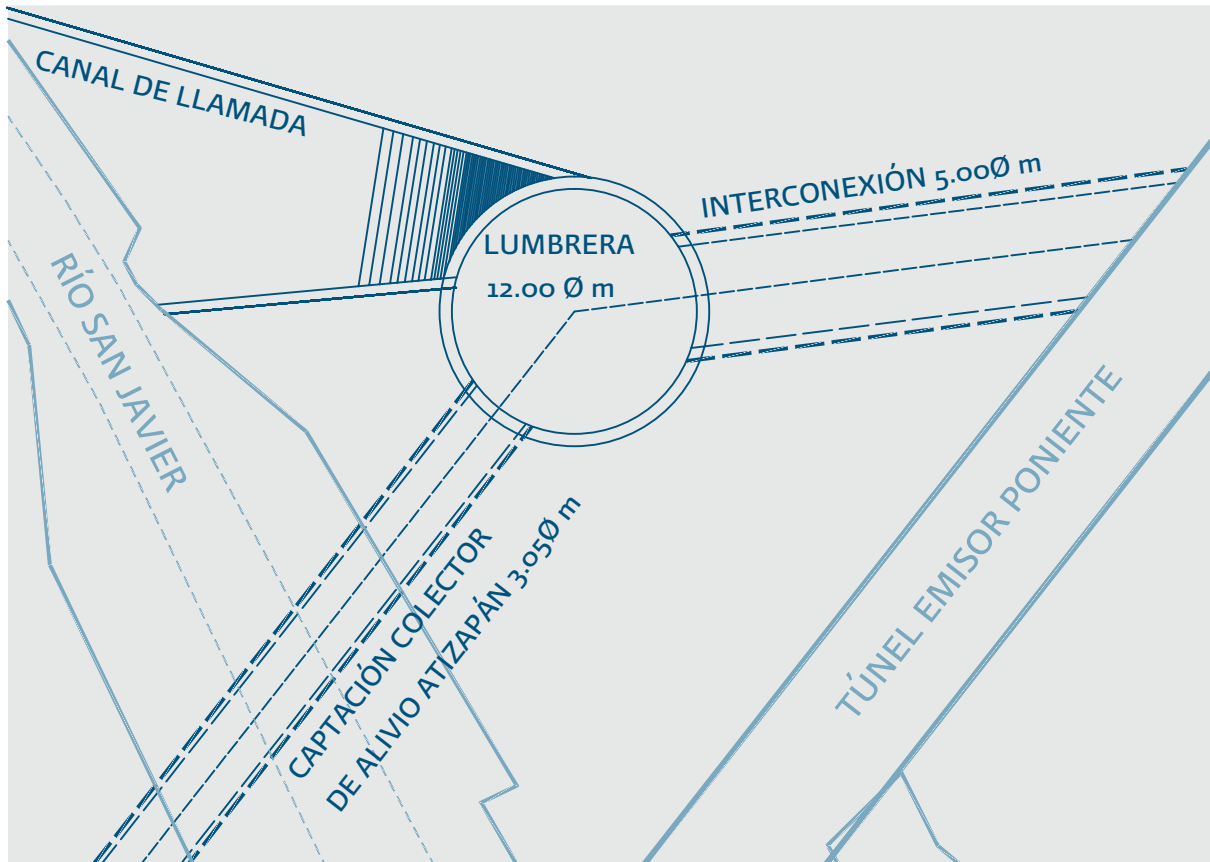


Figura 23. Proyecto de descarga del Río San Javier y captación Atizapán hacia el TEP.

Acciones a emprender para el sistema de drenaje de la zona Norponiente

Aparte de las labores de gestión para la asignación de recursos a las obras del TEP-II y de recuperación del cauce del Río San Javier, deberán llevarse a cabo: labores de concertación con CAEM, municipio y concesionario para la descarga de aguas pluviales en eventos extraordinarios a través del semiprofundo; concertación con los colonos de Satélite para definir el trazo de una posible interconexión del Vaso El Cristo con el TEP-II a la altura del río Tlalnepantla y, en su caso, contratación del proyecto ejecutivo, incluida la adecuación de los niveles de rasante para el proyecto actual que permita la interconexión y drenado del Vaso El Cristo.

Por otro lado, para el caso específico del canal a cielo abierto que recibe la descarga del TEP actual y recibirá los del TEP-II, donde se espera llegar a transitar un caudal ligeramente superior a los 150 metros cúbicos sobre segundo (período de retorno de 50 años), será necesario estudiar opciones de solución que eviten tirantes muy próximos al bordo libre, ya sea mediante la sobre elevación de bordos o el revestimiento del mismo, estimando alguna de estas soluciones en los primeros seis kilómetros, además de la necesidad de considerar la sobre elevación de los puentes peatonales y vehiculares que indebidamente se han construido a lo largo de este canal, restándole capacidad hidráulica. Para este tramo, es necesario primero llevar a cabo un estudio de ingeniería básica y proyecto ejecutivo de donde se desprendan las necesidades para dar seguridad al tránsito de la avenida máxima.

Perfil de lámina de agua

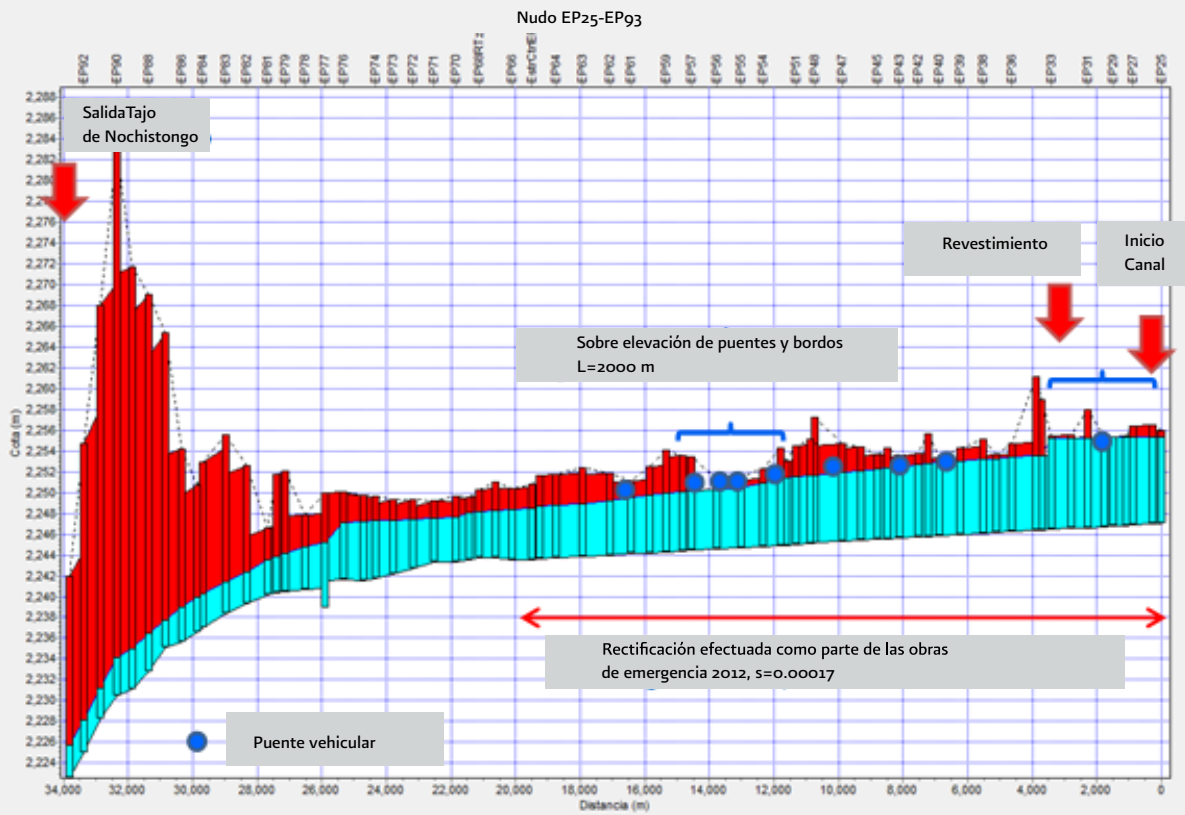


Figura 24. Tramo a cielo abierto del Emisor del Poniente (caudal en el inicio del canal de 156 metros cúbicos sobre segundo).

3. TÚNEL EMISOR ORIENTE



3.1 La importancia y necesidad de la construcción del TEO, beneficios esperados

Las obras hasta aquí descritas, todas ellas igual de importantes, forman o formarán parte del Sistema Troncal de Drenaje Primario del Valle de México. Sin embargo, para resolver de fondo la problemática del Sistema de Drenaje, asociada a la capacidad de regularización y de emisión, se ha concebido:

- **La construcción de nuevas lagunas de regulación**, además del dragado y rehabilitación de las presas y lagunas existentes, entre otras, se construyeron la presa La Gasera, las lagunas de regulación Casa Colorada Profunda y El Fusible y se dragaron y rehabilitaron las presas del Poniente, Vaso El Cristo, Carretas y Fresnos. La capacidad de regulación actual asciende a 14.7 millones de metros cúbicos.

- **La construcción del Túnel Emisor Oriente (TEO)**, bajo convenio con la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la Comisión Federal de Electricidad se desarrolló la ingeniería básica con base en la cual se formalizó un contrato para proyecto y construcción de un túnel de 62 kilómetros de longitud y 7 metros de diámetro, con capacidad para conducir 150 metros cúbicos sobre segundo y 25 lumbreras para construcción, y posterior operación del TEO, incluida la LO que corresponde con la LZ del Túnel Interceptor Río de los Remedios.

Por el peligro que corren el orden social, la economía, los servicios públicos, la salubridad, la seguridad y el medio ambiente, y por la posibilidad de provocar pérdidas o costos adicionales importantes en la Zona Metropolitana del Valle de México ante una posible inundación provocada por la falla del Túnel Emisor Central, en 2007

con más de 15 años sin ser inspeccionado, se estableció una condición de fuerza mayor, requiriéndose un nuevo drenaje profundo: el Túnel Emisor Oriente (TEO), que permitirá conducir 150 metros cúbicos sobre segundo, correspondientes con el déficit de infraestructura de emisión que se tenía en ese año.

Cabe recordar que el incremento en capacidad en 30 metros cúbicos sobre segundo que se dio en el año 2008, por la construcción de las obras de emergencia, es sólo de carácter temporal, permitiendo la inspección y mantenimiento del sistema de drenaje profundo durante el estiaje, en tanto se concluye el TEO.

El TEO trabajará por gravedad y recibirá las aguas residuales y pluviales provenientes de los túneles Interceptor Oriente y del Interceptor Río de los Remedios, cuyos caudales confluirán en lo que se denomina Lumbrera 0 del TEO. Es aquí desde donde se concibe el TEO hasta el municipio de Atotonilco de Tula, en el Estado de Hidalgo, con más de 150 metros de profundidad en el cruce con la sierra de Guadalupe (Lumbrera 20).

Junto con el Túnel Emisor Central, conducirá las aguas residuales de la ciudad de México a la PTAR Atotonilco para el tratamiento y reuso de hasta 35 metros cúbicos sobre segundo. Los excedentes en lluvia, serán vertidos hacia el río Tula (actualmente se trabaja en la revisión y rectificación del río Tula para dar una capacidad de emisión máxima de hasta 400 metros cúbicos sobre segundo).

La construcción de este túnel traerá consigo los siguientes beneficios:

- Incremento en la capacidad de drenaje en 150 metros cúbicos sobre segundo, alcanzando una capacidad conjunta de 315 metros cúbicos sobre segundo, capaces de absorber una tormenta con recurrencia de 50 años; permitirá el desalojo de las aguas residuales y pluviales fuera del Valle de México generadas en época de lluvias torrenciales.
- Flexibilidad en la operación general del sistema de drenaje, permitiendo maniobras de operación conforme la presencia de lluvias aisladas de gran intensidad y la inspección y mantenimiento del drenaje profundo, alternando su funcionamiento con el Emisor Central.
- Daños evitados en el sector económico. El Distrito Federal y el Estado de México aportan en conjunto el 32 por ciento del PIB Nacional, por lo que es previsible que en caso de generarse inundaciones en una zona potencialmente afectada que podría abarcar 9 delegaciones del Distrito Federal y 4 municipios del Estado de México, se tendrían considerables impactos negativos en la actividad económica de la zona afectada.
- Atención de emergencia. Recursos económicos y humanos que se evitarán destinar para atender la emergencia por inundaciones potenciales.

Además de los beneficios socioeconómicos generados por el proyecto, se evitarán daños a bienes y personas:

- Daños evitados a viviendas. Pérdida o deterioro de enseres y bienes muebles e inmuebles, que potencialmente podrían generarse en nueve delegaciones del Distrito Federal y cuatro municipios del Estado de México.
- Daños evitados a la infraestructura pública. Reparación o rehabilitación de pistas de aterrizaje y edificaciones del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México; reparación o rehabilitación del Sistema de Transporte Colectivo METRO; reparación o rehabilitación de subestaciones de energía; reparación o rehabilitación de vialidades afectadas.

3.2 Frentes de trabajo y etapas de construcción del Túnel Emisor Oriente (TEO)

Para su construcción el TEO originalmente fue dividido en seis tramos, con características semejantes en cuanto a suelos, geohidrología y longitud, los cuales se excavan de manera independiente, cada uno con un equipo tipo EPB (escudo de presión balanceada).

Para acceso a los frentes de excavación, se concibieron 25 lumbreras, seis con 16 metros de diámetro para ensamble y retiro de tuneladoras y el resto, de 12 metros de diámetro para mantenimiento de los EPB's, introducción de dovelas (revestimiento primario del túnel y ademe de la excavación), retiro de rezaga (producto de la excavación), además de introducir por éstas los servicios propios para la construcción del túnel, permitiendo la posterior inspección y ventilación del mismo.

Para la construcción del tramo 1, la concepción original era iniciar la excavación en la lumbrera 0 (L0) para concluir en la lumbrera 5 (L5). Sin embargo, por las lluvias que se generaron el 4 de febrero de 2010, que inundaron la zona de trabajo y afectaron a la máquina tuneladora, generando un atraso importante en la excavación, hubo necesidad de modificar los planes de excavación; la máquina tuneladora prevista para excavar el tramo 5 se utilizó para apoyo al tramo 1, introduciéndola en la L5 para excavar hacia la L4. Para recuperar las dos tu-

neladoras, se seleccionó, entre la L3 y la L4 el sitio para construir una nueva lumbrera, la L3A, con 16 metros de diámetro. En septiembre de 2012, las dos excavadoras arribaron con una diferencia de 15 días, marcando el final de la excavación del tramo 1 del TEO.

Terminada la excavación del ahora llamado tramo 1-B (de L5 a L3A), la máquina tuneladora de apoyo se regresa a la L20 para la excavación del tramo 5, en dirección a la L17.

Para la excavación del tramo 3, el ingreso de la tuneladora estaba planeado en la L13, pero hubo necesidad de cambiarlo a la L10 para reducir riesgos que la presión de agua en L13 imponía sobre el arranque de la obra. De esta manera, la excavación del tramo 3 se lleva de la L10 a la L13.

Para los otros tramos se mantiene la concepción original: la tuneladora del tramo 2 entró en la L5 y está excavando hacia la L10; la del tramo 4 se ha introducido a través de la L17 para excavar hacia la L13; y la tuneladora del tramo 6 inició su excavación por el portal de salida y se encuentra excavando hacia la L20.



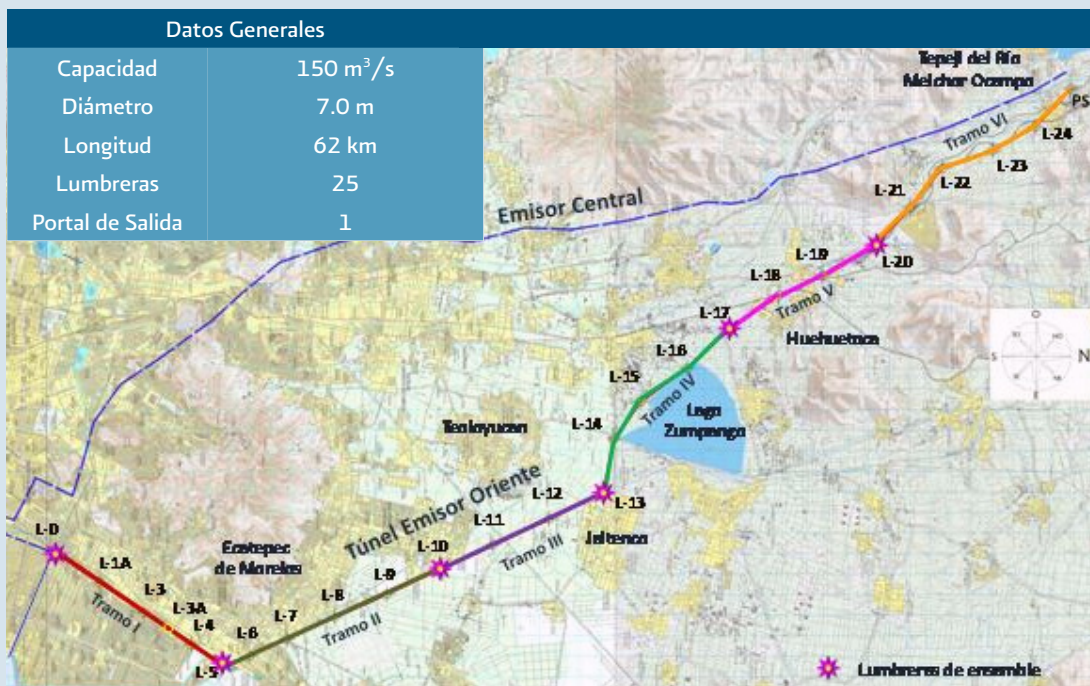


Figura 25. Trazo del Túnel Emisor Oriente.

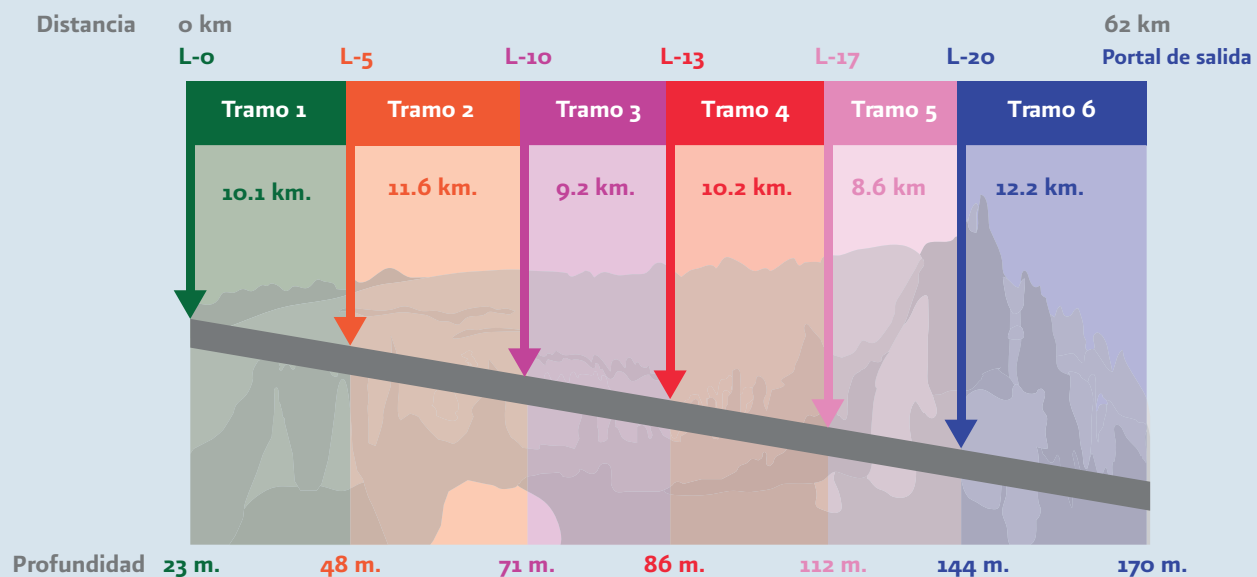


Figura 26. Logística de excavación del Túnel Emisor Oriente.

3.3 Obras de captación al Túnel Emisor Oriente

Asimismo, a lo largo del TEO se captarán las descargas de aguas combinadas que provienen de municipios y poblados contiguos al Gran Canal del Desagüe en zonas de fuerte asentamiento diferencial, concretamente del municipio de Ecatepec entre las lumbreras L0 y L5 del TEO.

Son un total de 15 captaciones las que se asocian directamente al Túnel Emisor Oriente, así como tres estructuras de control (compuertas para la operación, dos en la lumbrera L0 del TEO y una en la L5).

Por mayor beneficio con la operación en el corto plazo, así como por el volumen de agua a emitir, destaca una de las tres obras de captación que habrán de construirse en la L0; la que corresponden a la captación del Gran Canal del Desagüe. Esta obra apoyará la descarga del Gran Canal al drenaje profundo. A través de la estructura, existente, del Coyol el agua del Gran Canal se deriva hacia el Interceptor Oriente; la nueva descarga en L0 permitirá enviar el agua hacia el TEO o hacia la Laguna de Regulación Casa Colorada, aún con la interconexión del Interceptor Oriente con el TEO cerrada con una compuerta que se está instalando en la L0 del TEO.

Una segunda compuerta en L0 permitirá cerrar el TEO para su mantenimiento, permitiendo la interconexión del drenaje profundo con la Laguna de Casa Colorada y Río de los Remedios para el manejo del agua en cualquier dirección.

En la misma L0 se construyen las captaciones del colector Otumba y de la planta de bombeo Las Vegas.

En la L5 habrá de instalarse una estructura de control que permita seccionar el TEO y derivar hacia la PB Caracol, compuerta que también permitirá dar mantenimiento al TEO a partir de la lumbrera L5.

Doce de las quince obras de captación al TEO se encuentran en proceso de construcción, previendo su conclusión antes de la época de lluvias del año 2013.

Para las otras tres captaciones, que son PB20, Plásticos y Acolman, aún no se ha iniciado la obra debido a que los predios para su construcción están en trámites de adquisición por parte del Gobierno del Estado de México. En cuanto se liberen los predios se licitará su construcción, con prioridad a la captación de Plásticos.

Captaciones al TEO



Figura 27. Ubicación de las obras de captación al TEO.



Dotación de dovelas al tramo en construcción.

3.4 Entrada en operación de las obras de infraestructura de drenaje en el Valle de México, durante y al final de la construcción del TEO

El TEO está previsto para concluir su construcción antes de la temporada de lluvias del año 2015; sin embargo, se tendrá una primera etapa de operación, asociada al tramo 1, desde LO hasta L5, derivando el agua hacia la planta de bombeo El Caracol para subirla al Gran Canal del Desagüe en una sección que queda aguas abajo del parte aguas formado por los hundimientos del suelo blando de la ciudad. A la fecha el tramo 1 está excavado en su totalidad y está en proceso la construcción del segundo revestimiento de proyecto. Se prevé la entrada en operación de esta primera etapa para antes de la temporada de lluvia del año 2013.

•Con la infraestructura ya construida y la que se encuentra en construcción, a partir del presente año 2012 se ha hecho mucho más manejable el drenaje del Valle de México. De hecho, con la entrada en operación del Túnel Interceptor Río de los Remedios entre las lumbresas 2 y 6, así como con la construcción de las captaciones principales (Dren General del Valle a L6 del TIRR, Río de los Remedios al TIRR) y la terminación de la planta de bombeo Casa Colorada Profunda, ha sido posible enviar excedentes del Dren General del Valle y del Río de

los Remedios a la Laguna de Regulación Casa Colorada Profunda.

•A partir del año 2013, previo a la temporada de lluvias, con el primer tramo del TEO y la terminación de la planta de bombeo El Caracol, podrá incrementarse la capacidad de emisión en otros 40 metros cúbicos sobre segundo, aprovechando que a partir de este sitio el Gran Canal ya no cuenta con los problemas de falta de capacidad por hundimientos. También en 2013, con la liberación del Túnel Interceptor Río de los Remedios en el tramo entre el Interceptor Oriente y la L2 (LO del TEO), la laguna Casa Colorada Profunda podrá ser vaciada hacia el Drenaje Profundo sin mayor complicación.

•Finalmente, una vez concluida la construcción del TEO, la capacidad se incrementará en 150 metros cúbicos sobre segundo, para llegar a un total de 315 metros cúbicos sobre segundo, con una gran flexibilidad en materia de operación ya que el drenaje profundo, incluido el TEO, podrá operar a su máxima capacidad de emisión durante la temporada de lluvias y permitirá el manejo alternado del Emisor Central y TEO durante el estiaje, a fin de dar mantenimiento a la infraestructura.

La planta de bombeo El Caracol estará equipada con 40 metros cúbicos sobre segundo de capacidad, 32 metros cúbicos sobre segundo con equipo de generación propia y 8 metros cúbicos sobre segundo con generación propia y suministro eléctrico; los 8 metros cúbicos sobre segundo a largo plazo serán bombeados permanentemente para mantener el caudal base de agua que requieren los Distritos de Riego actualmente abastecidos por el Gran Canal.

3.5 Lumbreras y Portal de Salida del Túnel Emisor Oriente

Son 25 las lumbreras, además del Portal de Salida, las que involucra la construcción del TEO, con profundidades que van desde los 23 metros (caso de la lumbra L0, que es la confluencia con el Túnel Río de los Remedios, L2 del TIRR) hasta cerca de 150 metros de profundidad en la lumbra 20.

Una lumbra es una estructura que permite bajar y ensamblar los equipos de excavación, así como el ingreso de personal y de todos los insumos para la construcción del túnel, además de permitir en el futuro la operación y mantenimiento del mismo. Siete lumbreras son 16 metros de diámetro, donde se hace la introducción o extracción de las máquinas tuneladoras (L0 correspon-

diente con la L2 del TIRR, L3-A, L5, L10, L13, L17 y L20); 18 lumbreras son de 12 metros de diámetro, y son para introducción de personal y dovelas, dotación de materiales y servicios, así como para la extracción de la rezaga de la excavación.

a) Procedimientos Constructivos en las lumbreras del TEO

Debido a las diferentes condiciones geotécnicas detectadas a lo largo del trazo del túnel, a la permeabilidad del suelo y a las herramientas de construcción disponibles, se propusieron tres tipos de procedimientos constructivos para las lumbreras (cuadro 2), a saber:

1. Muro convencional más muro definitivo, utilizado en las lumbreras 16, 17, 22, 23 y 24.
2. Excavación de pantalla perimetral previa a la excavación de la lumbra en toda su profundidad (tipo muro milán), utilizado en las lumbreras 1-A, 3, 3-A y 4
3. Excavación de pantalla perimetral hasta la profundidad que el equipo de excavación (almeja o hidrofresa) lo permitió y muro convencional a partir de la profundidad que haya alcanzado el muro milán, aplicado para el resto de las lumbreras.



Lumbra 13 del Túnel Emisor Oriente.

Lumbrera	Ubicación (kilómetros)	Método constructivo	Profundidad (m)		Diámetro interior (m)		Espesor del muro (cm)	
			Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
L0	0+000	Flotación (construida antes del TEO)	26.85	-	16.00	-	60	-
L1A	2+753	Muro Milán en toda la altura del muro	34.50	-	12.00	-	100	-
L3	5+398	Muro Milán en toda la altura del muro	42.73	-	13.50	-	100	-
L3A	6 + 488	Muro Milán en toda la altura del muro	44.64	-	16.29	-	100	-
L4	8+208	Muro Milán en toda la altura del muro	47.30	-	13.50	-	100	-
L5	10+054	Muro Milán + muro de acompañamiento + muro convencional	39.00	11.35	16.50	16.00	80+60	85
L6	11+476	Muro Milán + muro de acompañamiento + muro convencional	39.00	18.00	13.20	12.20	80+35	70
L7	13+486	Muro Milán + muro de acompañamiento + muro convencional	40.00	23.00	15.60	12.00	100+20	70
L8	16+032	Muro Milán + muro convencional	46.00	21.00	16.00	12.00	100	70
L9	18+844	Muro Milán + muro convencional	40.00	31.00	16.00	12.00	100	70
L10	21+635	Muro Milán + muro convencional	45.00	30.00	20.00	16.00	100	70
L11	24+777	Muro Milán + muro convencional	38.00	42.00	16.00	12.00	100	70
L12	27+603	Muro Milán + muro convencional	42.00	40.00	16.00	12.00	100	70
L13	30+793	Muro Milán + muro convencional	45.00	46.00	20.00	16.00	100	70
L14	33+416	Muro Milán + muro convencional	38.00	60.00	16.00	12.00	100	70
L15	35+865	Muro Milán + muro convencional	40.00	63.00	16.00	12.00	100	70
L16	38+533	Muro convencional con anillos	110.00	-	12.00	-	70	-
L17	40+995	Muro convencional con anclas	80.00	36.00	19.80	16.00	90	140
L18	44+304	Muro Milán + muro convencional	106.00	20.00	17.00	14.90	120	80
L19	46+699	Muro Milán + muro convencional	110.00	19.70	17.00	14.90	120	80
L20	49+632	Muro Milán + muro convencional	118.95	28.86	22.46	18.90	120	80
L21	52+518	Muro Milán en toda la altura del muro	116.00	-	15.00	-	120	-
L22	54+823	Muro convencional con anillos	109.00	-	12.00	-	80	-
L23	57+479	Muro convencional con anillos	88.70	-	12.00	-	70	-
L24	58+934	Muro convencional con anillos	87.00	-	12.00	-	80	-

Cuadro 2. Características de construcción de las lumbreras del TEO.

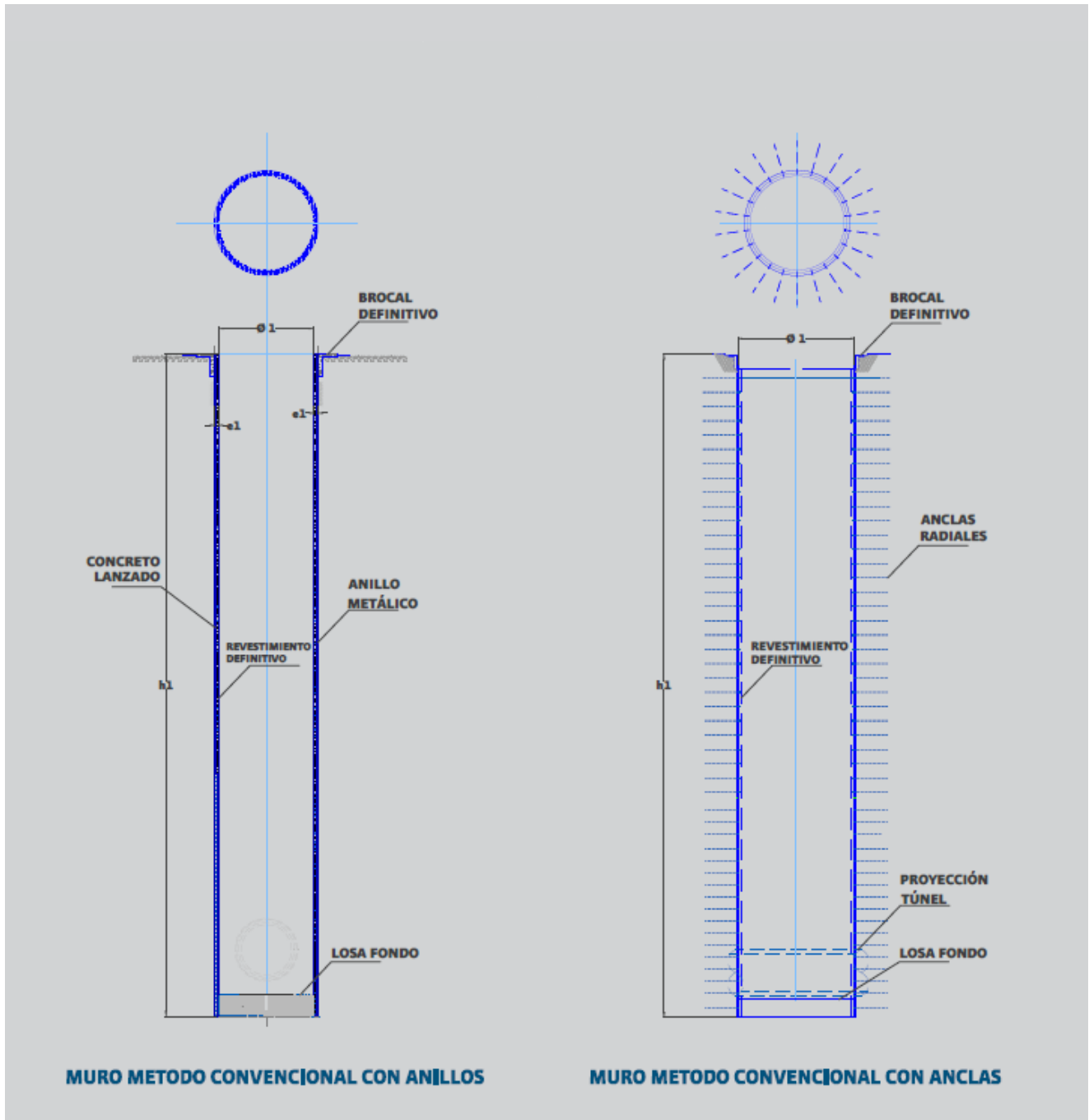


Figura 28. Sección de lumbreras construidas por el método convencional.



MURO MILÁN EN TODA LA ALTURA DE LA LUMBRERA

Figura 29. Sección de lumbreras construidas con muro milán en toda su profundidad.

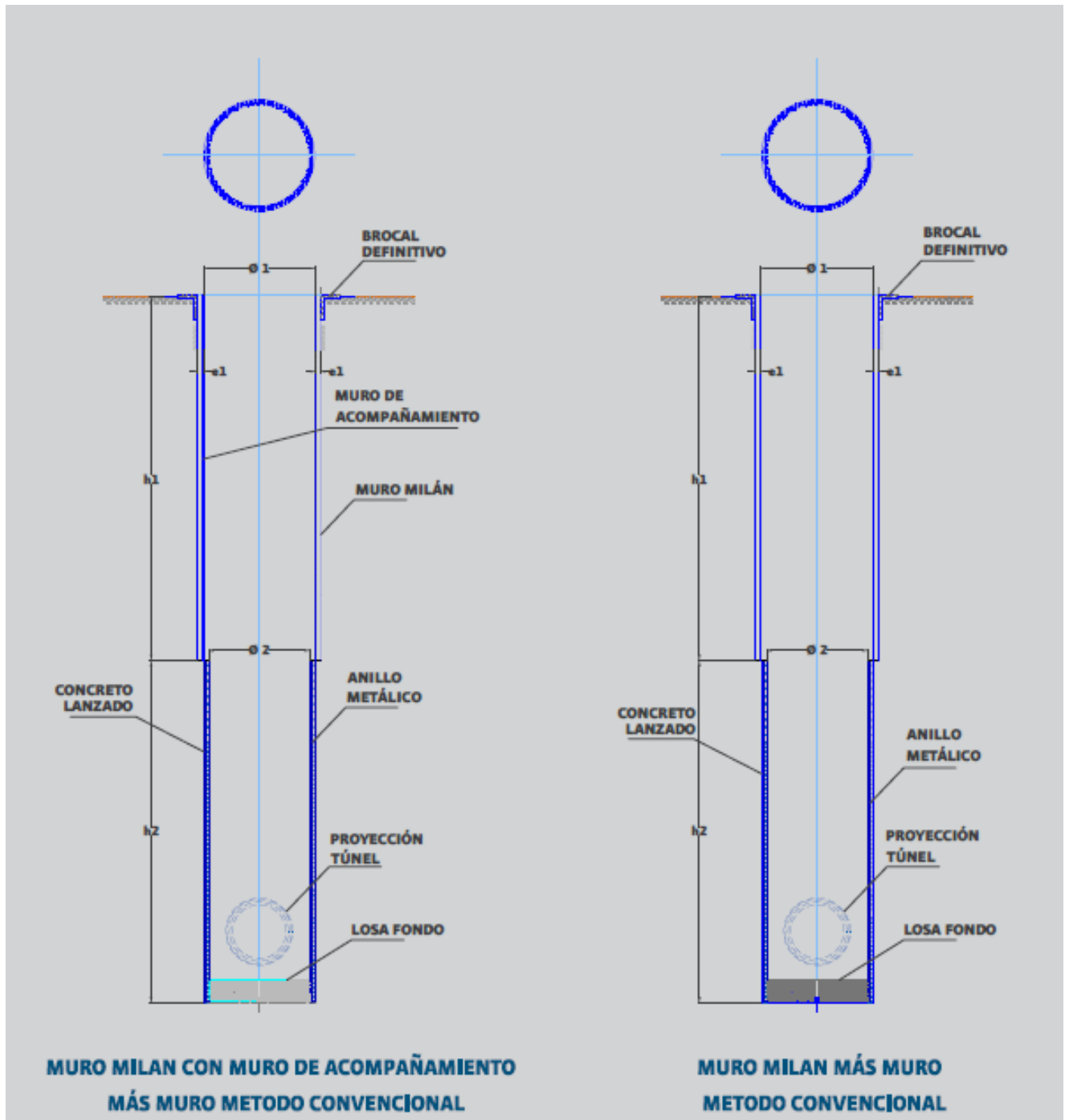
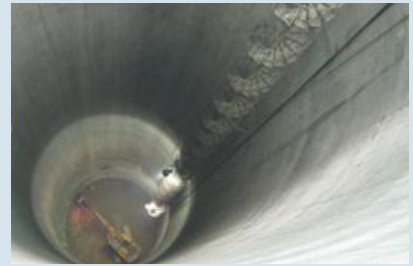


Figura 30. Sección de lumbreras construidas con muro milán hasta donde la herramienta o suelo lo permite y excavando el resto de la lumbrera por el método convencional.

Procedimientos constructivos de las lumbreras del TEO



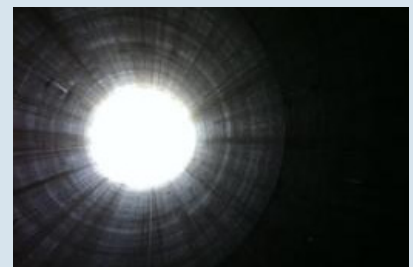
L20 muro milán, hidrofresa.



Lumbrera 10 (vista superior durante la construcción y vista inferior terminada).



Colado de la losa de fondo bajo el agua en la L13 (actualmente terminada).



Lumbreras 16 y 17 (vista superior y vista desde el fondo de la lumbrera, respectivamente).

b) Portal de salida del TEO

El portal de salida del TEO se ubica al oriente de la descarga del Túnel Emisor Central (TEC), muy próximo a la misma.

Actualmente el TEC descarga hasta 120 metros cúbicos sobre segundo en condiciones de operación normal, caudal que se estima subirá a 150 metros cúbicos sobre segundo con las labores de rehabilitación y mantenimiento (actualmente cuando éste entra en carga llega a manejar dicho caudal de 150 metros cúbicos sobre segundo); las aguas del TEC se envían al distrito de riego del Valle del Mezquital en un caudal medio de 40 metros cúbicos sobre segundo, con máximos de hasta 50 metros cúbicos sobre segundo, con excedencias al río

Tula, donde confluyen también las aguas del río El Salto (margen derecha del TEO, al poniente) con un caudal de hasta 80 metros cúbicos sobre segundo aportados a su vez por el emisor del poniente y el río Cuautitlán, previa regulación en la Laguna de Zumpango.

A estos caudales se sumará la descarga del TEO con un caudal de hasta 150 metros cúbicos sobre segundo, los mismos que habrán de conducirse por el río Tula hacia la Presa Endhó. A la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco, actualmente en construcción, se derivarán hasta 35 metros cúbicos sobre segundo, con excedentes al río Tula durante época de lluvias.



Portal de salida del TEO.

3.6 Aspectos geológicos y geohidrológicos, proceso de excavación y revestimiento

a) Aspectos geológicos del TEO

Conforme a los trabajos de ingeniería básica en materia de geología, corroborados a través de los estudios propios del proyecto ejecutivo, las características geológicas generales a lo largo del TEO son las siguientes:

- En los primeros 3 kilómetros, el túnel atraviesa depósitos lacustres formados por arcillas típicas del Valle de México, poco consolidadas y con contenidos de agua entre 100 y 300 por ciento.

- En los siguientes 34 kilómetros, se cruzan también depósitos lacustres, pero constituidos por arcillas limo-arenosas con bajos contenidos de agua (50 por ciento a 100 por ciento), con intercalaciones de 4 kilómetros de basalto y cenizas y 7 kilómetros de ceniza poco compactadas.

- Del kilómetro 34 al kilómetro 39 la excavación será en arenas aluviales con gravas poco permeables.

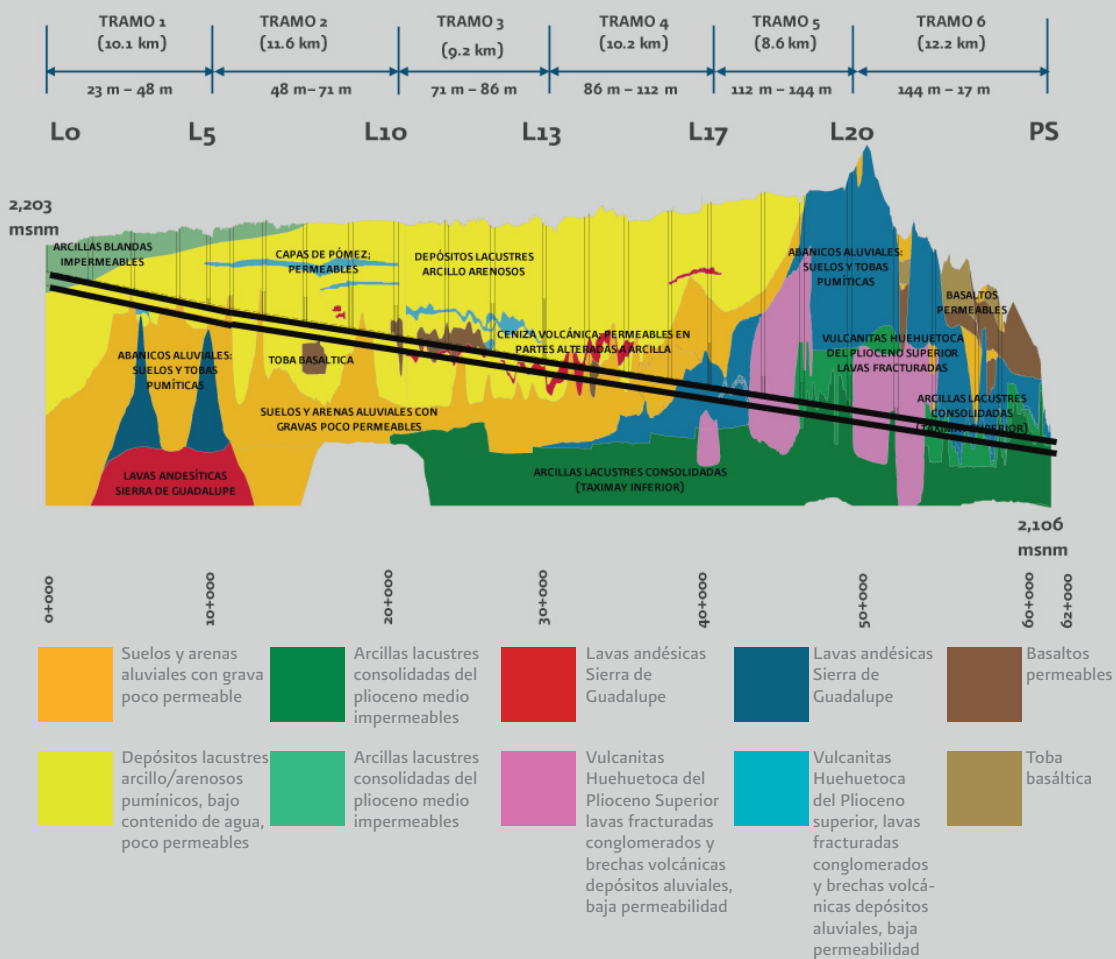


Figura 31. Perfil geológico a lo largo del TEO.

- Del kilómetro 39 al kilómetro 43 se encontrarán abanicos aluviales y el túnel continuará por vulcanitas pliocénicas hasta el kilómetro 46.

- Finalmente, cortará los depósitos de arcillas lacustres, también pliocénicos, dispuestos en bloques tectónicos cubiertos por abanicos aluviales e intercalaciones de lavas basálticas próximas al portal de salida, así como rellenos de tobas y lavas duras no alteradas.

b) Aspectos geohidrológicos del TEO

Mediante exploraciones de campo se detectaron acuíferos con aportaciones importantes de agua en el tramo de las lumbreras 12 a 15, así como acuíferos inferiores confinados que presentan artesianismo en la zona de Huehuetoca (lumbreras 18 a 21), donde se tienen mediciones piezométricas cercanas a 7 bares actuando sobre el túnel, sin menoscabo del tramo L22 a L24 donde se tienen presiones sobre el túnel de 4.2 bares (42 metros de columna de agua).

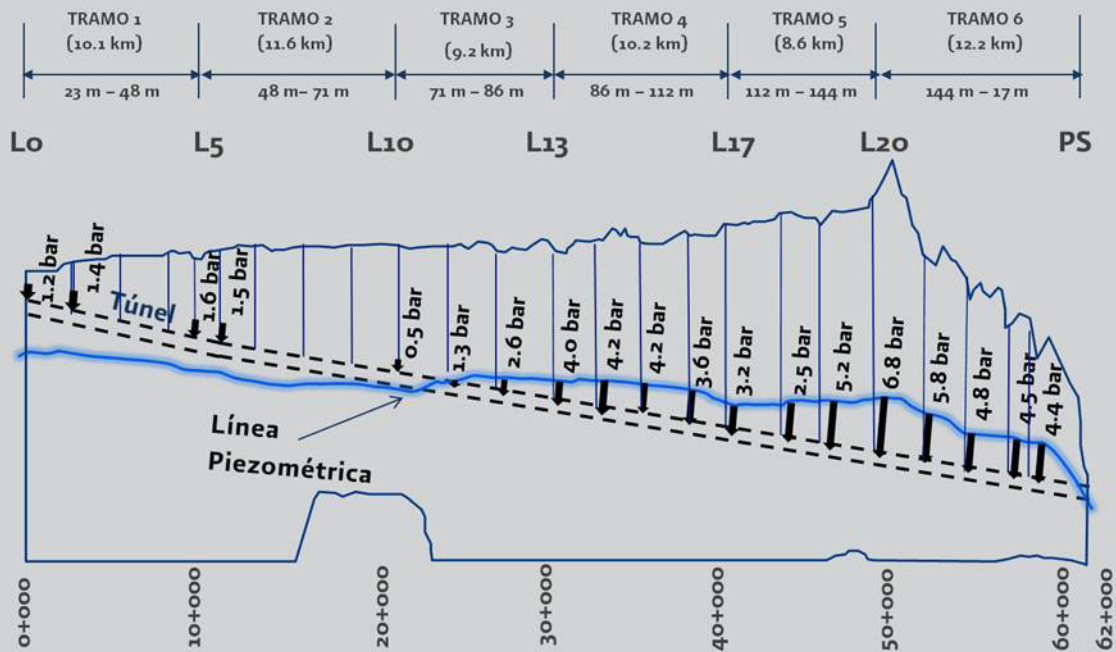


Figura 32. Aspectos geohidrológico a lo largo del TEO.

c) Aspectos geotécnicos del TEO

Desde el punto de vista geotécnico, el trazo del TEO puede clasificarse en cuatro grandes zonas (figura 33) con las siguientes características:

<p>Zona 1A: De L0 a L1A (2,753 metros)</p>	<p>ZONA DE SUELOS BLANDOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con contenido de agua muy alto, mayor que el 400 por ciento, baja resistencia al corte, alta compresibilidad. • Niveles de agua iguales a la hidrostática. • La rezaga del material se hizo por bombeo.
<p>Zona 1B: De L1A a L05 (7,300 metros)</p>	<p>ZONA DE TRANSICIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arcillas blandas con contenido de agua superior al 200 por ciento y suelos firmes formados por limos con menos del 100 por ciento de agua. • Se detectaron lentes de arena y condiciones piezométricas abatidas. • La excavación se hizo con frente mixto y rezaga por bombeo.
<p>Zona 2: De L05 a L10 (11,582 metros)</p>	<p>ZONA DE TRANSICIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menor cobertura de suelos blandos, con materiales deformables al nivel del túnel y presencia de mantos colgados con flujo a través de lentes de arena. • El contenido de agua es mayor que el 50 por ciento, pero los niveles piezométricos están abatidos. • La excavación se hace con frente mixto y la rezaga del material se hace con banda transportadora.
<p>Zona 3: De L10 a L17 (19,360 metros)</p>	<p>ZONA DE TRANSICIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suelos firmes y roca. • Presencia de roca basáltica abrasiva, lentes de arena con agua y materiales deformables al nivel del túnel. • Niveles piezométricos restablecidos. • La excavación se hace con frente mixto y la rezaga del material se extrae con banda transportadora.
<p>Zona 4: De L17 a PS (20,808 metros)</p>	<p>ZONA DE MONTAÑA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suelos firmes o duros poco deformables con presencia de boleos empacados en una matriz arcillosa. Se ha hecho una modificación de trazo, pegando el TEO hacia el Emisor Central, mejorando las condiciones de excavación al evitar buena parte de lo boleos. • Condiciones piezométricas elevadas, con más de 5 bares (50 metros de columna de agua) y contenidos de agua menores que el 50 por ciento. Con el cambio de trazo, que se determinó realizar como parte de la ingeniería de sitio, que se pega al del Túnel Emisor Central, si bien las presiones se sostienen, los suelos de la excavación son de mucho menor permeabilidad que los del trazo original. • La rezaga del material se hace con banda transportadora.

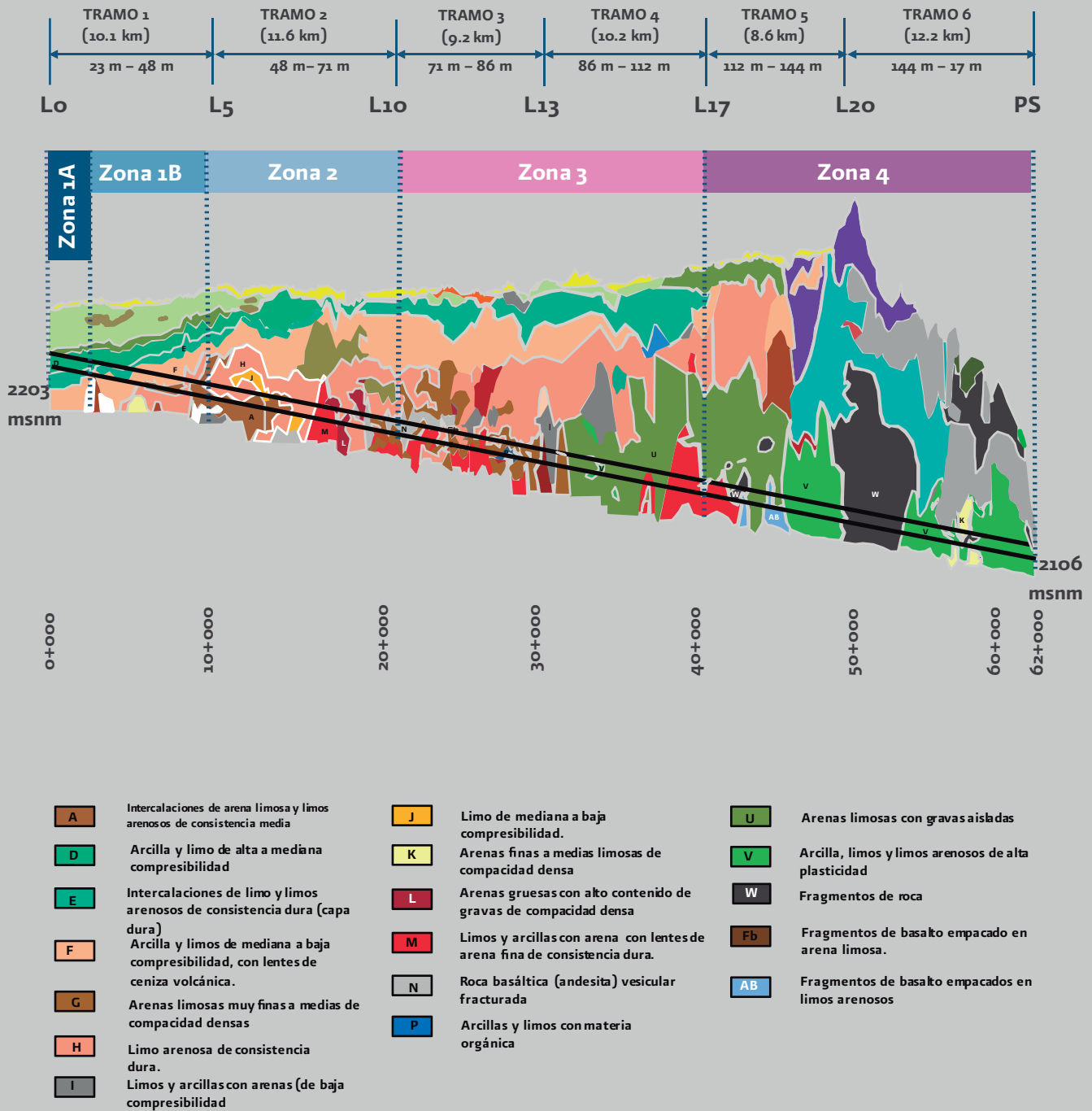


Figura 33. Perfil geotécnico a lo largo del Túnel Emisor Oriente.

d) Equipo para la perforación del túnel

Bajo especificaciones de las empresas que construyen el TEO, el Gobierno Federal, a través de la Conagua, adquirió seis equipos de excavación y rezaga que son operados por las constructoras en cada uno de los frentes de trabajo.

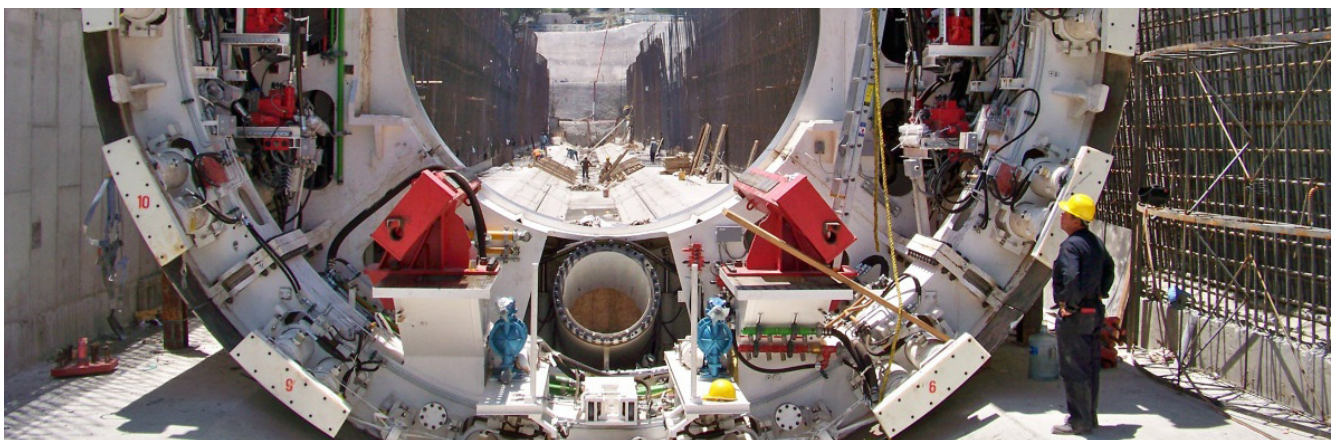
La perforación del Túnel Emisor Oriente se lleva a cabo mediante seis máquinas tuneladoras (Earth Pressure Balance, EPB), tres de tecnología alemana y tres norteamericana, que permiten trabajar de manera simultánea en seis frentes para avanzar con mayor rapidez en la construcción.

Estos equipos tienen discos cortadores y/o dientes, según sea el caso para los diferentes tipos de suelo; su diseño se hizo conforme a las características geotécnicas y geohidrológicas imperantes en el terreno que habrán de atravesar.

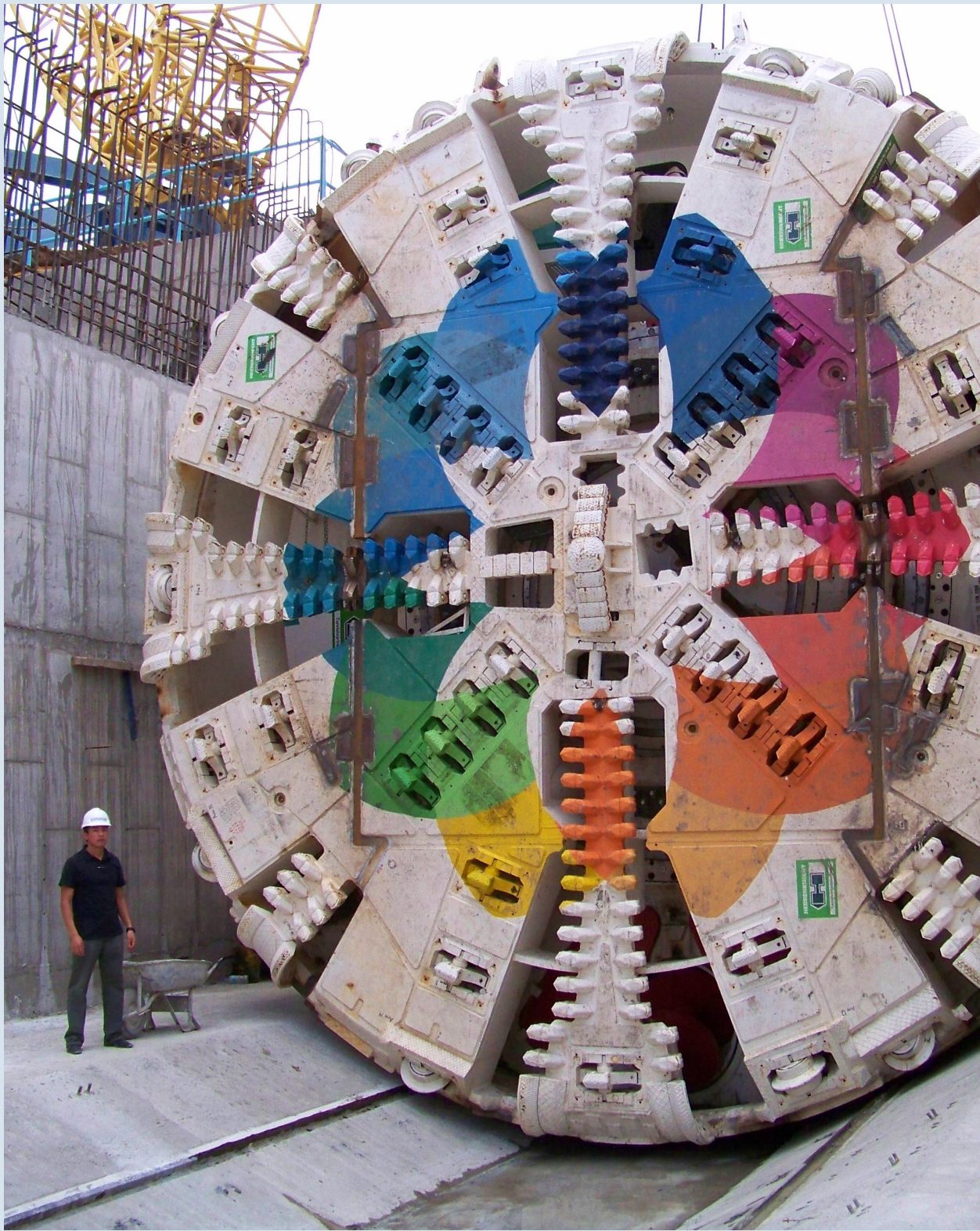
De las tres máquinas con tecnología alemana, dos tienen un diámetro de corte de 8.70 metros, para los tramos 1 y 2, y la otra con diámetro de corte de 8.90 metros para el tramo 6. Los otros tres equipos norteamericanos tienen un diámetro de corte de 8.90 metros, para trabajar en los tramos 3, 4 y 5. El diámetro de excavación resulta de sumar al diámetro de túnel terminado (que será de 7 metros) los espesores por revestimientos primario y secundario del túnel.

Como antes se menciona, la tuneladora originalmente concebida para excavar el tramo 5 (de la lumbrera 20 a la lumbrera 17) fue utilizada para apoyar la excavación del tramo 1, que finalmente se denominó como 1B (entre las lumbreras 5 y 3A), y así poder concluir con la excavación de este tramo prioritario. En consecuencia las características finales de excavación del tramo 1B corresponden con las de esta tuneladora (diámetro de corte de 8.9 metros). Esta tuneladora ha concluido con la excavación del tramo 1B y se está trasladando a su tramo original.

Todas las tuneladoras están provistas de las herramientas necesarias para realizar el corte, extraer la rezaga, ya sea por bombeo o por banda transportadora, gatos de empuje y herramientas para la colocación de las dovelas (que permiten sostener el suelo excavado durante la excavación), que corresponden con estructuras de concreto que sirven de sostenimiento al suelo durante la etapa de excavación; asimismo, entre otras herramientas, las tuneladoras cuentan con los instrumentos de control de alineamiento y nivel, cámaras hiperbáricas para la entrada de personal especializado al frente de la excavación (donde puede haber altas presiones de agua) para la inspección de la rueda y cambio de herramientas de corte, así como con las bombas y equipo para inyectar con mortero las oquedades que quedan entre el perímetro de la excavación y el perímetro exterior de las dovelas.



Escudo excavador, parte posterior.



Rueda de corte, parte frontal del escudo excavador.

Así funciona la tuneladora

La broca o escudo, inicia la excavación (dependiendo del tipo de suelo, esta broca es intercambiable).

El sedimento (escombro, tierra, fango, roca, etc.) pasa por un tornillo sin fin y es extraído y llevado a la superficie.

El erector de dovelas, coloca los segmentos de dovelas con un mecanismo giratorio.

Junto con el avance de la excavación, se van ensamblando las dovelas hasta formar los anillos, que conforman el revestimiento primario.

Al túnel se le coloca un riel que va adquiriendo la dimensión de la distancia entre cada una de las lumbreras.

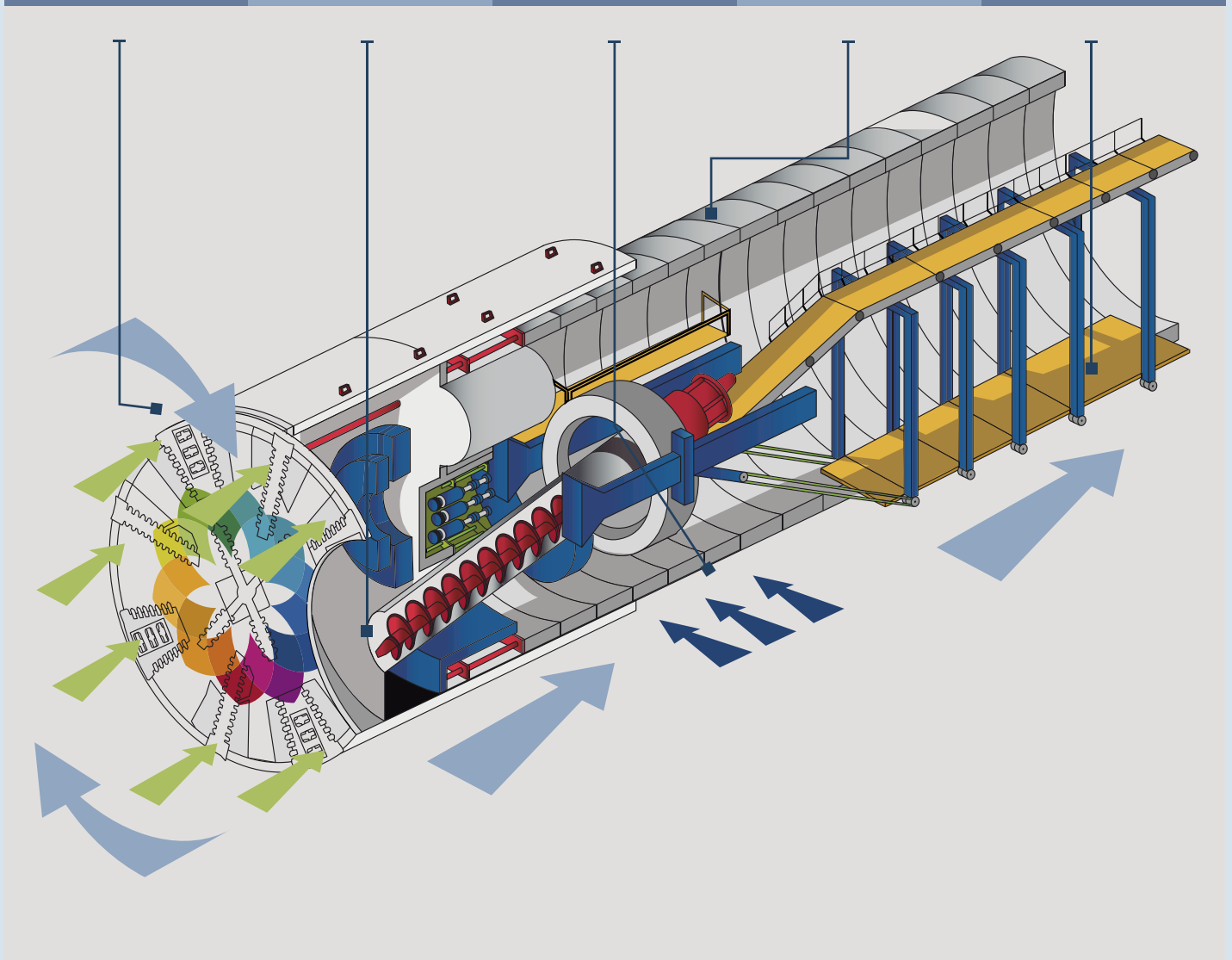
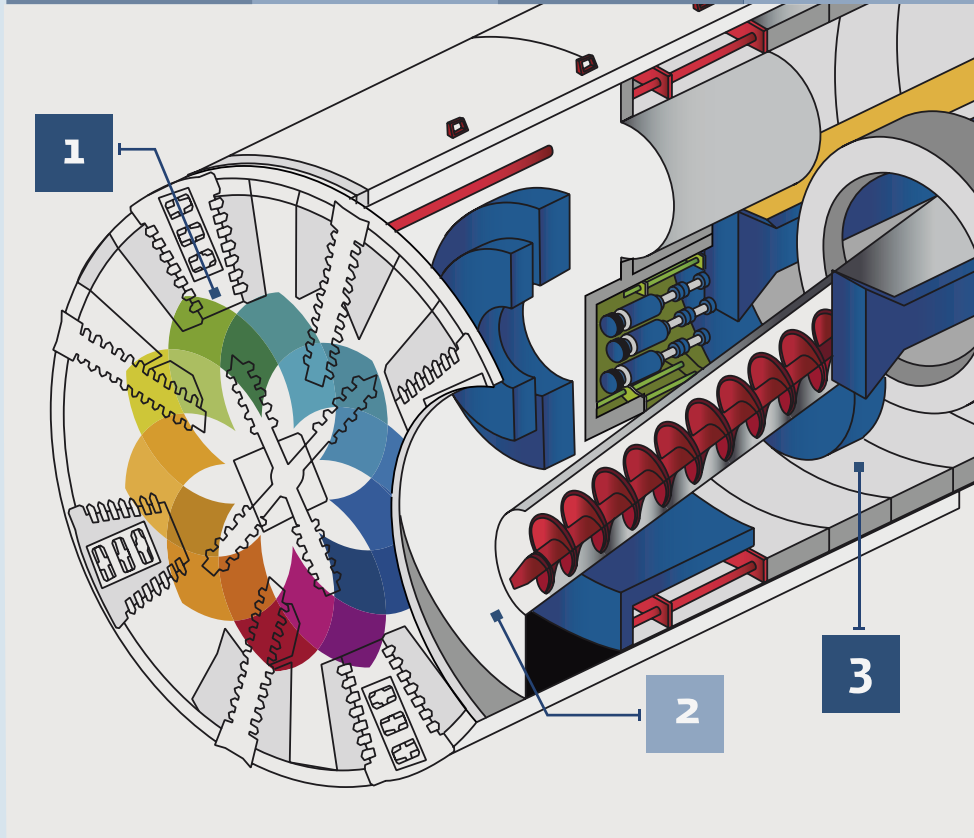
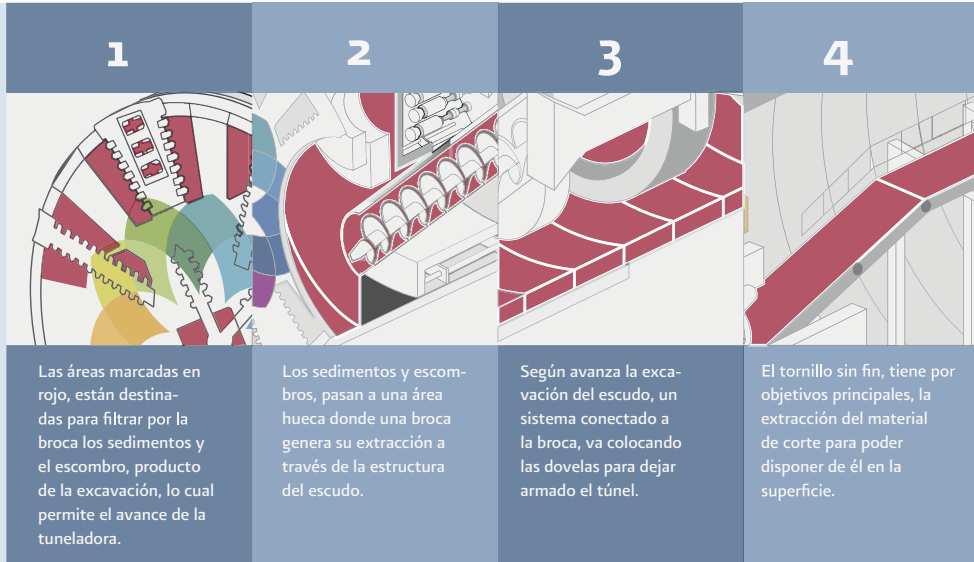


Figura 34. Esquema de funcionamiento de la tuneladora o escudo excavador.



e) Revestimientos primario (dovelas) y secundario del TEO

En los dos primeros tramos (excepción del tramo 1-B donde excavó la máquina del Tramo 5), el recubrimiento primario del túnel se forma con anillos de dovelas de concreto armado de 35 centímetros de espesor y un revestimiento definitivo, también armado y de 35 centímetros, que se cuela con cimbra deslizante, mientras que para los cuatro últimos tramos (además del 1-B), el recubrimiento primario del túnel se forma con anillos de dovelas de concreto armado de 40 centímetros de espesor y un revestimiento definitivo, también armado y del mismo espesor de 40 centímetros, que se habrá de colar con cimbra deslizante.

Para los dos primeros tramos donde las dovelas son de 35 centímetros de espesor, el anillo de dovelas se formará con 6 piezas principales y un candado, es decir, con un arreglo 6 más 1, cada anillo con una longitud de 1.5 metros y un peso total de 29 toneladas. Para los tramos con espesor de dovelas de 40 centímetros, el arreglo es de 7 más 1, la longitud de 1.5 metros y el peso total del anillo de 34 toneladas.

Los anillos de dovelas representan el sostenimiento primario del túnel y junto con el revestimiento secundario, que se procede a armar y colar en sitio una vez que la tuneladora sale de cada tramo, conforman la estructura final del túnel, que da el soporte total a largo plazo, incluida la estanqueidad del conducto.

Para el diseño estructural de dovelas el túnel se dividió en nueve subtramos en los que las características geotécnicas marcaron las condiciones de análisis, cuidando que la resistencia del concreto y la cuantía de acero fuera óptima.

En total se tienen en producción tres fábricas de dovelas, la primera produce los anillos de los tramos 1-A y 2, la segunda las piezas de los tramos 1-B, 3 y 4 y la tercera la de los tramos 5 y 6.

Para el revestimiento definitivo, también con fines de optimización, el diseño quedó dividido en trece subtramos con diseños diferentes.



Cimbra metálica para colocar el revestimiento secundario del túnel.

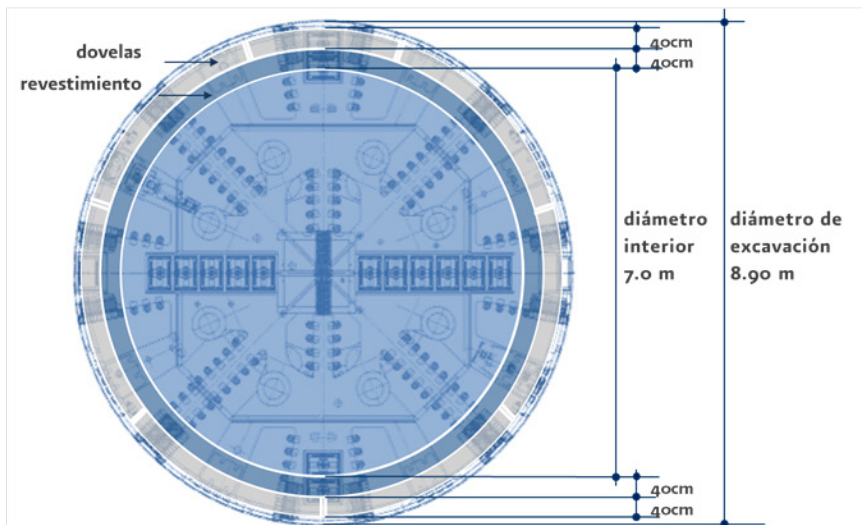
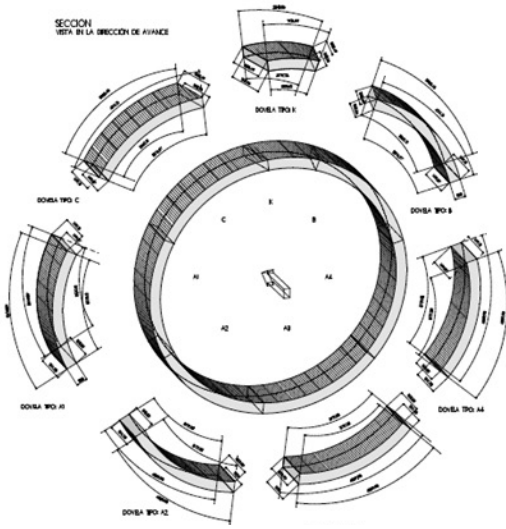


Figura 35. Sección de dovelas y revestimiento de túnel tramos 1-A y 2.

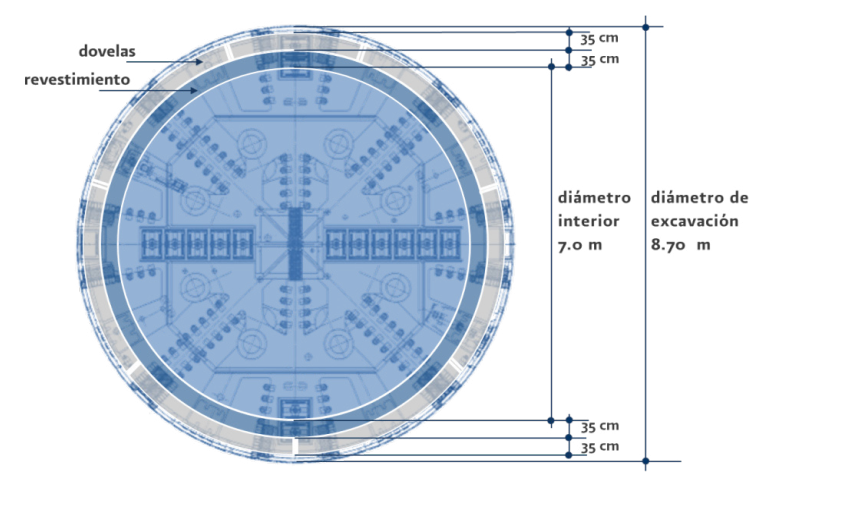
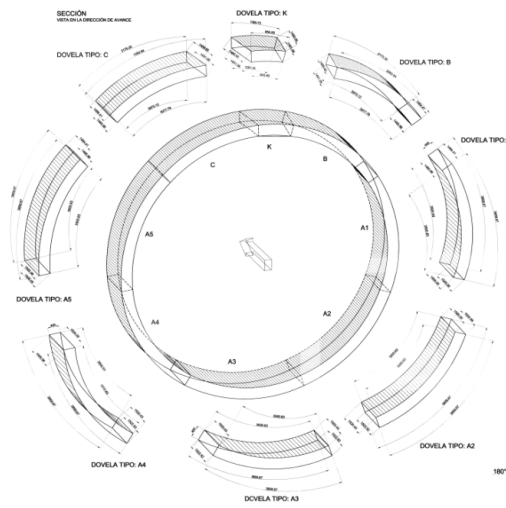


Figura 36. Sección de dovelas y revestimiento de túnel tramos 1-B y 3 a 6.

3.7 Obras complementarias para el manejo de caudales en la salida de los Túneles Emisor Central y Emisor Oriente

Los caudales emitidos por el TEO, hasta 150 metros cúbicos sobre segundo de diseño y hasta 170 metros cúbicos sobre segundo en condiciones iniciales, serán descargados al río Tula junto con los caudales del Túnel Emisor Central, con hasta 120 metros cúbicos sobre segundo en condiciones normales de operación y hasta 150 metros cúbicos sobre segundo una vez rehabilitado, más los del río El Salto, con aportación de hasta 80 metros cúbicos sobre segundo, por lo que se espera una avenida máxima de descarga con hasta 400 metros cúbicos sobre segundo.

Estos caudales, correspondientes a la capacidad máxima de diseño, se manejarán con un arreglo hidráulico lo menos complejo posible para su operación (figura 37), que permita ser transitado sin problemas por el río Tula hasta la presa Endhó. Para el análisis del funcionamiento hidráulico, se desarrolló un modelo físico en el Instituto de Ingeniería de la UNAM con el que fue posible identificar las condiciones óptimas para manejo de estos caudales, con las que se desarrolló el proyecto ejecutivo de la obra civil y electromecánica de las estructuras de control en la descarga de los túneles. La construcción de estas obras se hará una vez que concluya la excavación del tramo 6.



Modelo físico para el manejo de caudales a la salida del TEO.

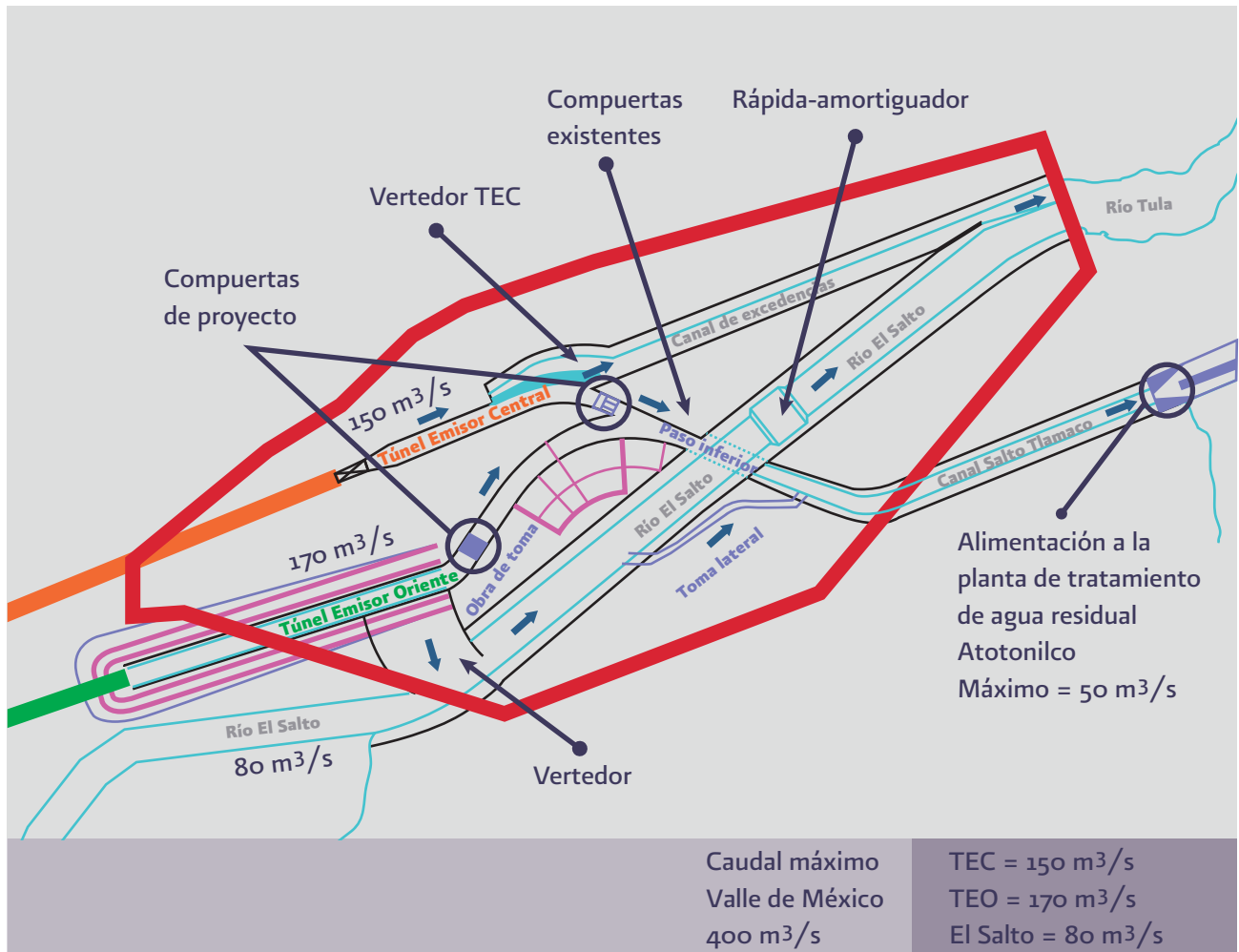


Figura 37. Esquema para el manejo de caudales a la salida del TEO.

3.8 Diagnóstico y propuestas de solución a la capacidad hidráulica del río Tula

A través del Instituto de Ingeniería de la UNAM y con una estrecha coordinación con la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos (GASIR), la Dirección Local de la Conagua en Hidalgo, así como con el gobierno del estado de Hidalgo, se ha llevado a cabo el diagnóstico integral y análisis de opciones de solución a la capacidad del río Tula para poder afrontar sin problemas el tránsito de una avenida máxima extraordinaria hacia la presa Endhó, sin perjuicio a la población del estado de Hidalgo.

a) Antecedentes

Además de la modelación física y el proyecto ejecutivo para el manejo de caudales en la descarga del TEC y el TEO, se cuenta con los estudios de ingeniería básica, realizados bajo contrato con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) a lo largo de 23 kilómetros del río Tula, desde el portal de salida y hasta la presa Endhó, incluyendo topografía, geotecnia e hidrología, además de los levantamientos correspondientes a la incorporación de los ríos Tlautla y Rosas como principales tributarios del río Tula y la batimetría realizada para las presas Requena y Endhó.

Con base en dicha información, el Instituto de Ingeniería de la UNAM ha llevado a cabo el diagnóstico de capacidad y planteado propuestas de solución conceptuales que permitan transitar una avenida máxima extraordinaria por el río Tula.

Por otro lado, el gobierno del estado de Hidalgo y la Conagua Hidalgo han estado trabajando en los proyectos para la rectificación del río Tula dentro de la zona urbana de la ciudad de Tula, Hidalgo, proyectos que han sido incorporados a los análisis del Instituto de Ingeniería.

b) Aspectos Hidrológicos

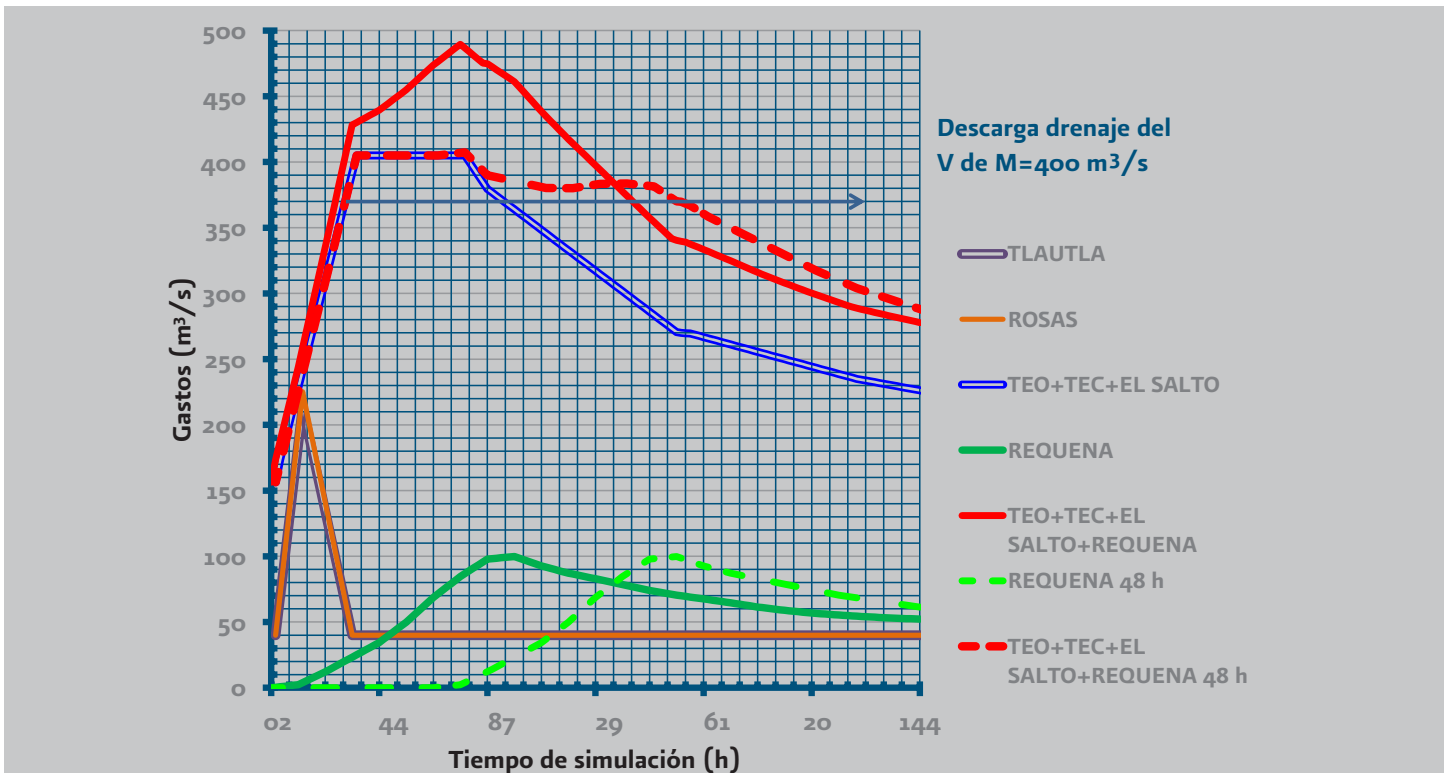
El río Tula recibirá la descarga del caudal que habrá de aportar el Túnel Emisor Oriente, sumándose a las aportaciones ya existentes del Túnel Emisor Central y el río El Salto, representadas todas en la siguiente figura como Portal de Salida. La aportación máxima por estas tres salidas podría alcanzar los 400 metros cúbicos sobre segundo considerando las máximas aportaciones del TEC una vez rehabilitado y del TEO en sus condiciones iniciales (concretos nuevos).

Esta aportación del portal (portales) de salida impera sobre las aportaciones locales, aún sobre las de los ríos Tlautla y Rosas, donde los tiempos de concentración y tránsito de las avenidas sobre los mismos permiten su drenado antes de la llegada de una máxima aportación del Valle de México. No sucede lo mismo con la aportación de la presa Requena, donde una descarga sin control, pudiera implicar el incremento del gasto, prácticamente al inicio del río Tula, de 400 a 490 metros cúbicos sobre segundo, tal y como puede apreciarse en el hidrograma que enseguida se ilustra. Para evitar este incremento de caudal, es conveniente desfazar 48 horas la descarga de la presa Requena, lo que mantiene en 400 metros cúbicos sobre segundo el caudal inicial sobre el río Tula, caudal que corresponde con las aportaciones del Valle de México (hidrogramas punteados de la siguiente figura 38). Por esta razón, es conveniente someter a la consideración del Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas (CTOH) la modificación al protocolo de operación de la presa Requena, previendo mantener una reserva de almacenamiento (estimada en 4 millones de metros cúbicos) para retener y desfazar la descarga en un mínimo de 48 horas hacia el río Tula.

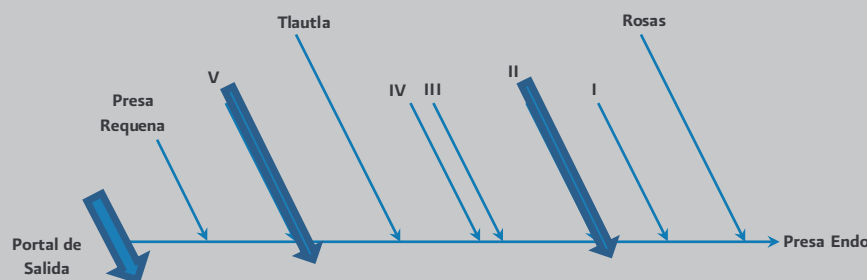
Para las aportaciones de los ríos Tlautla y Rosas, no es necesario, ni conveniente, desfasar su incorporación al río Tula, debido a que, por su rápida incorporación al río, lo más conveniente es dejarlas transitar, inclusive si se puede acelerar aún más su ingreso es mejor, pues desfasarlas implica el crecimiento del hidrograma total.

Cabe destacar que el análisis hidrológico se realizó para períodos de retorno de 50 años (que normalmente corresponde con el que se diseña la infraestructura dentro del Valle de México) y con 100 años, que corresponde con el período de retorno recomendado por la GASIR

a la Dirección Local del Estado de Hidalgo; como era de esperarse lo que impera en el tránsito de las avenidas y en la superposición de hidrogramas son los caudales emitidos por los túneles de drenaje procedentes del Valle de México (TEC y TEO), por lo que el diagnóstico y propuestas de solución para dar la capacidad del río Tula no se modifica de un período de retorno a otro. Lo que si influye es el desfasar o no la aportación de la presa Requena.



Figuras 38. Hidrogramas asociados del río Tula.



Aportación máxima Valle de México: $400 \text{ m}^3/\text{s}$
Salida de la Presa Requena: $100 \text{ m}^3/\text{s}$
Ingresos no simultáneos: ríos Tlautlay Rosas: $490 \text{ m}^3/\text{s}$
Ingresos adicionales: $270 \text{ m}^3/\text{s}$
Ingresos no simultáneos totales: $1,260 \text{ m}^3/\text{s}$

Figura 39. Incorporaciones al río Tula.

c) Diagnóstico de capacidad hidráulica y propuestas de solución

Como podrá apreciarse en la siguiente figura, en sus primeros cinco kilómetros aproximadamente las condiciones físicas del río Tula no presentan ningún problema de capacidad, pues la sección y pendiente permiten sin mayor problema conducir hasta 400 metros cúbicos sobre segundo. Es a partir de la entrada a la zona urbana de Jasso, Hidalgo, donde se presentarían derrames importantes, pues aquí la capacidad del río disminuye a aproximadamente 370 metros cúbicos sobre segundo. Una vez que se incorpora el río Tlautla la capacidad vuelve a subir a aproximadamente 440 metros cúbicos sobre segundo, pero en no más de un kilómetro de lon-

gitud, disminuyendo gradualmente su capacidad hasta aproximadamente 200 metros cúbicos sobre segundo justo en su incorporación a la zona urbana de ciudad de Tula, incrementándose nuevamente a poco más de 320 metros cúbicos sobre segundo en la incorporación del río Rosas con un nuevo descenso a 200 metros cúbicos sobre segundo.

Esta problemática se atribuye a la sección pendiente del río, así como a los puentes en las zonas urbanas que, en muchos casos, limitan la capacidad.

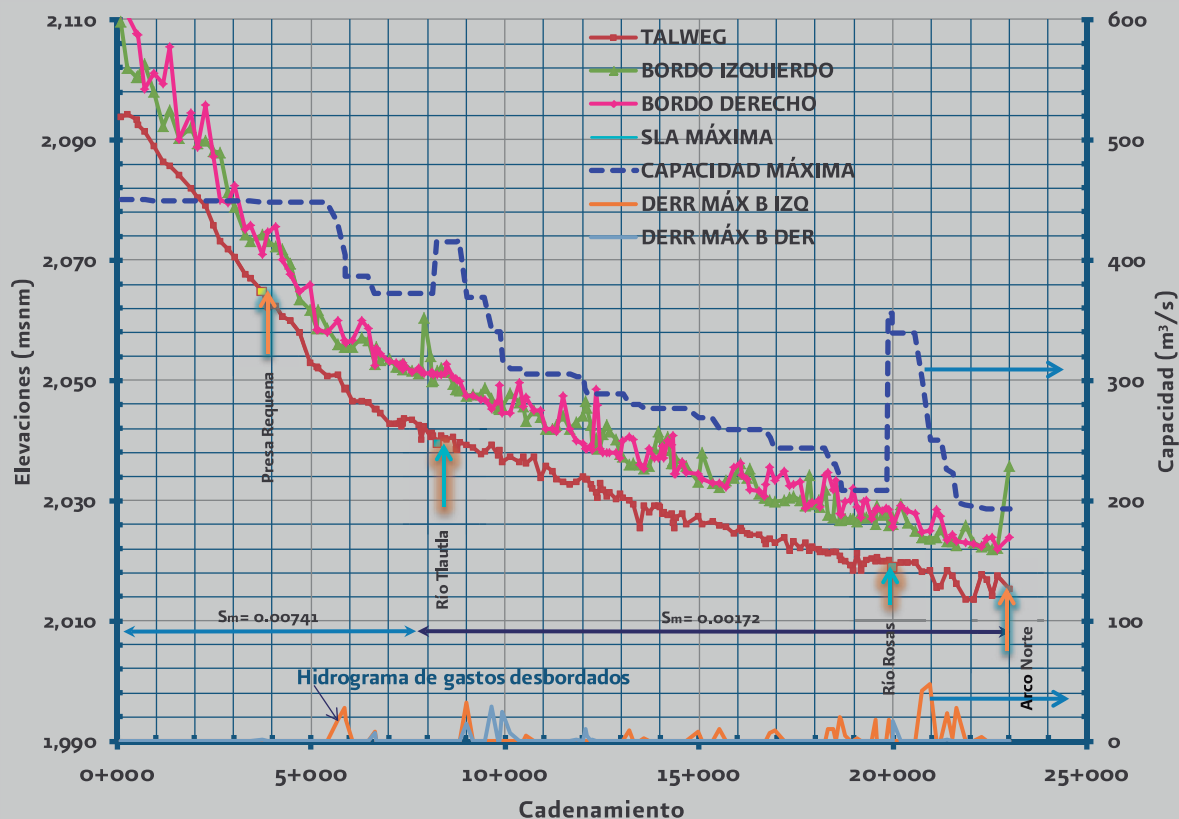


Figura 40. Diagnóstico de capacidad del río Tula.

Opción	Descripción	Comentarios
1	Sección trapecial con revestimiento de concreto en el río Tula.	Ancho de plantilla de 30 m, profundidad de flujo de 7 metros y talud de 1:1. No requiere modificar puentes. Velocidades altas en cruce con puente a revisar.
2	Bordos elevados en incrementos de 1.0 metros; solución factible con gaviones.	Las zonas urbanas pueden presentar dificultades para descargar a la corriente. Requiere modificar los puentes Zaragoza (km 18+671) y Magoni (km 19+993).
3	Bordos elevados en incrementos de 1.0 metros y sección trapecial en las zonas urbanas de Jasso y Tula.	Combinación de opciones 1 y 2. Requiere de un proyecto ejecutivo que permita analizar sección por sección. Requiere modificar los puentes Zaragoza (km 18+671) y Magoni (km 19+993).

Cuadro 3. Con base en sus modelaciones, el Instituto de Ingeniería propone tres opciones de solución.

La tercera opción corresponde con la propuesta de parte del Instituto de Ingeniería, que habrá de detallarse en la etapa de proyecto ejecutivo.

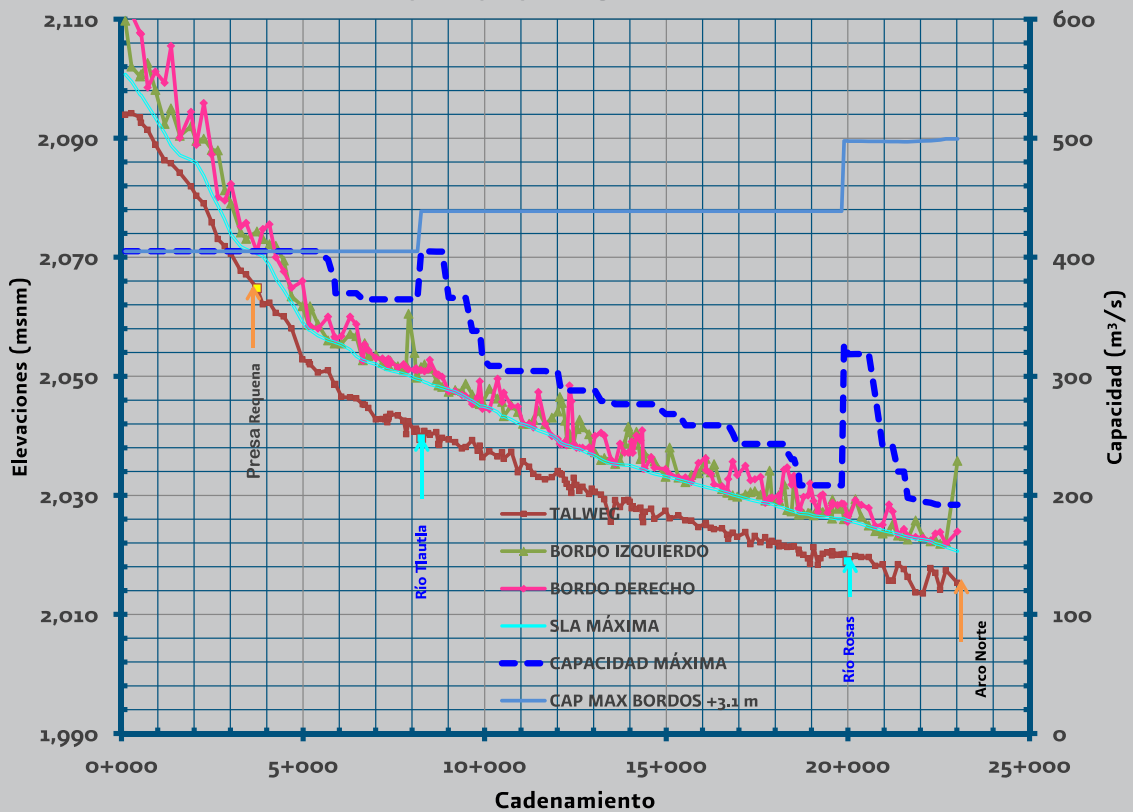


Figura 41. Capacidad modificada del río Tula (propuestas de solución).

d) Acciones a emprender

Las soluciones planteadas deberán llevarse a proyecto ejecutivo, analizando sección por sección y evaluando la modificación de puentes, que permitan optimizar las secciones de proyecto, fundamentalmente en zonas urbanas.

En el caso de los puentes, si bien los resultados del Instituto de Ingeniería arrojan que pudieran conservarse, las velocidades del flujo resultan elevadas y, en consecuencia debe evaluarse, a nivel de proyecto ejecutivo, su comportamiento estructural.

4. CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA Y CONTROL SUPERVISORIO PARA EL DRENAJE DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

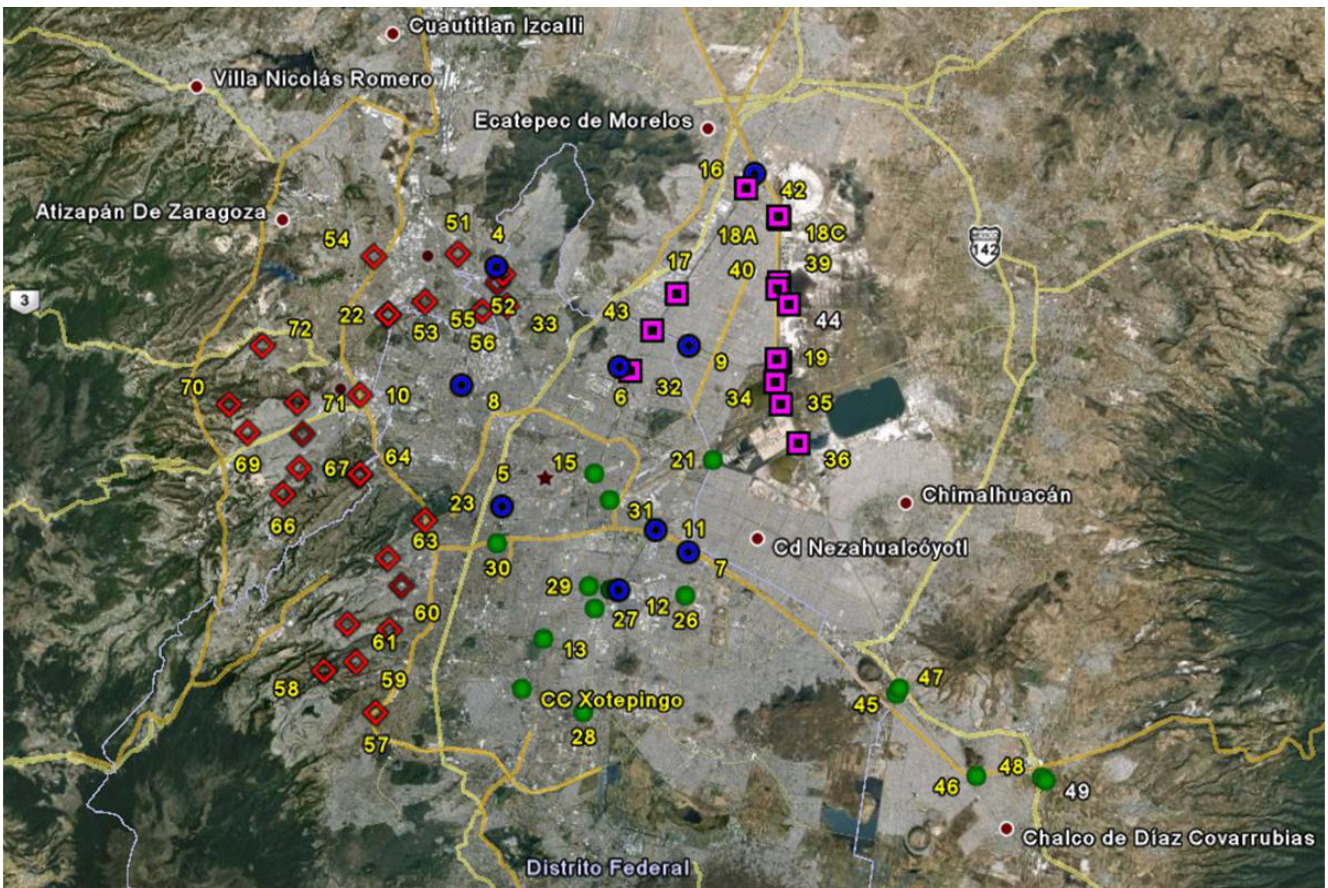


Para operar la red de drenaje de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) y la Comisión Nacional del Agua (Conagua) a través del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (OCAVM), reciben reportes de las estaciones pluviométricas y de sitios de medición, fundamentalmente de niveles en las diferentes estructuras y gastos en plantas de bombeo. Sin embargo, no existe un procedimiento suficientemente sistematizado para la medición, transmisión y procesamiento de la información que se obtiene sobre el funcionamiento del drenaje en tiempo real, lo que dificulta el proceso de toma de decisiones y la operación del drenaje se efectúa de manera aislada y parcial, representando un riesgo para la seguridad del Valle de México.

De acuerdo a lo expuesto, la Conagua ha considerado de especial importancia llevar a cabo un estudio, en el que se ha invitado a participar a los tres entes operativos del sistema de drenaje para la conceptualización a nivel

de anteproyecto tecnológico de un Sistema de Alerta y Control Supervisorio que sirva para monitorear (lluvias, gastos, niveles, etc.), vigilar, modelar hidráulicamente en tiempo real la red de drenaje y, en su caso, controlar en un puesto central único o “Centro de Control Operativo” de manera integral y automática la operación del sistema primario de drenaje en las principales estructuras de los canales, ríos, lumbreras, túneles y presas que conforman el sistema, reduciendo la vulnerabilidad del mismo ante fenómenos meteorológicos extremos.

Este trabajo está en proceso de ejecución y su fecha programada de terminación es a finales del presente año 2012. El anteproyecto considera 72 sitios consensuados con las tres entidades responsables de la operación, de los cuales 49 pertenecen al protocolo de operación conjunta firmado por los tres entidades operativas para la temporada de lluvias 2012; de estos sitios 42 son operados por el SACM, 29 por el OCAVM y una por el Organismo Operador de Tlalnepantla; éstos se aprecian en la figura siguiente.



Mapa de sitios considerados en el estudio de conceptualización.

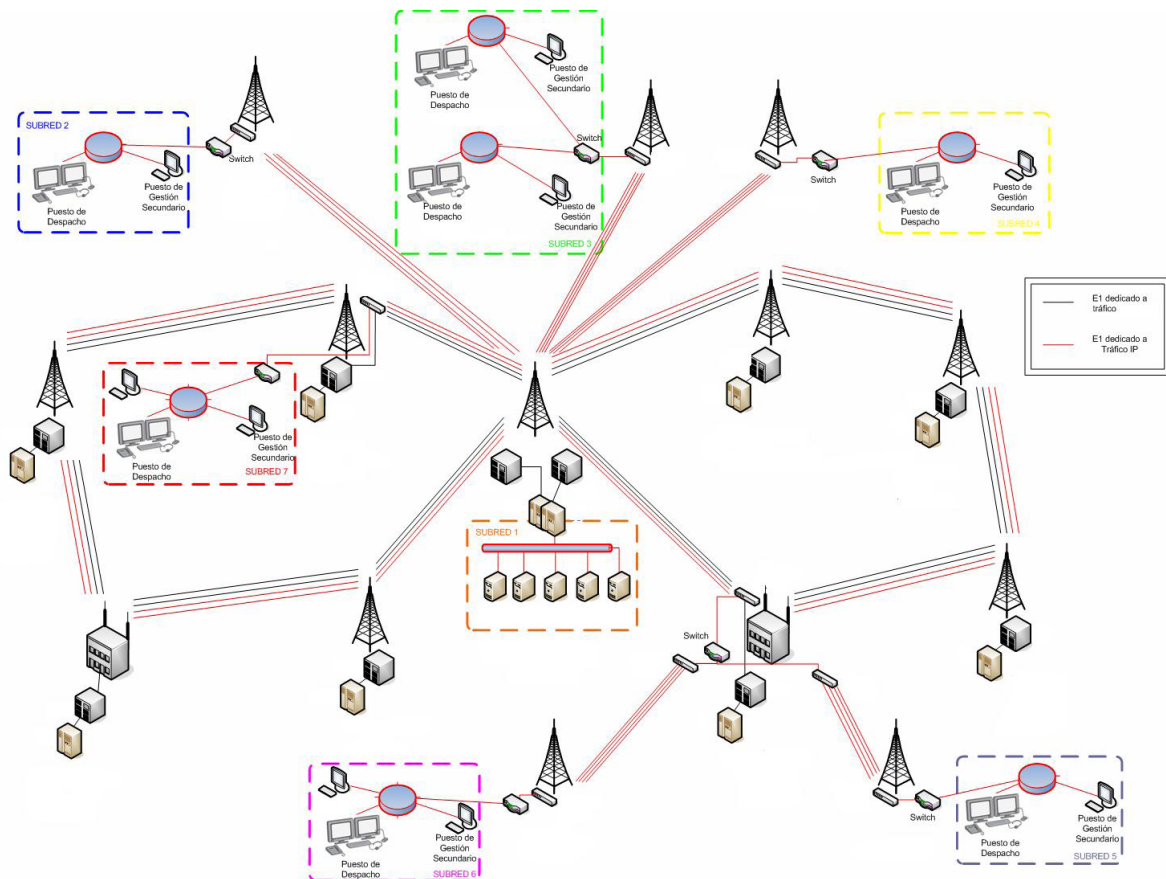
Estos sitios se agruparon por sistemas de acuerdo a su ubicación geográfica:

- Centro
- Centro Poniente
- Norte
- Oriente
- Poniente
- Sur
- Sur Oriente

El anteproyecto base del Sistema de Alerta y Control Supervisorio que se proponga para el Drenaje de la Zona Metropolitana del Valle de México (SCADA-ZMVM) deberá tener una arquitectura Cliente-Servidor, consistente en instalar en una computadora PC del puesto central

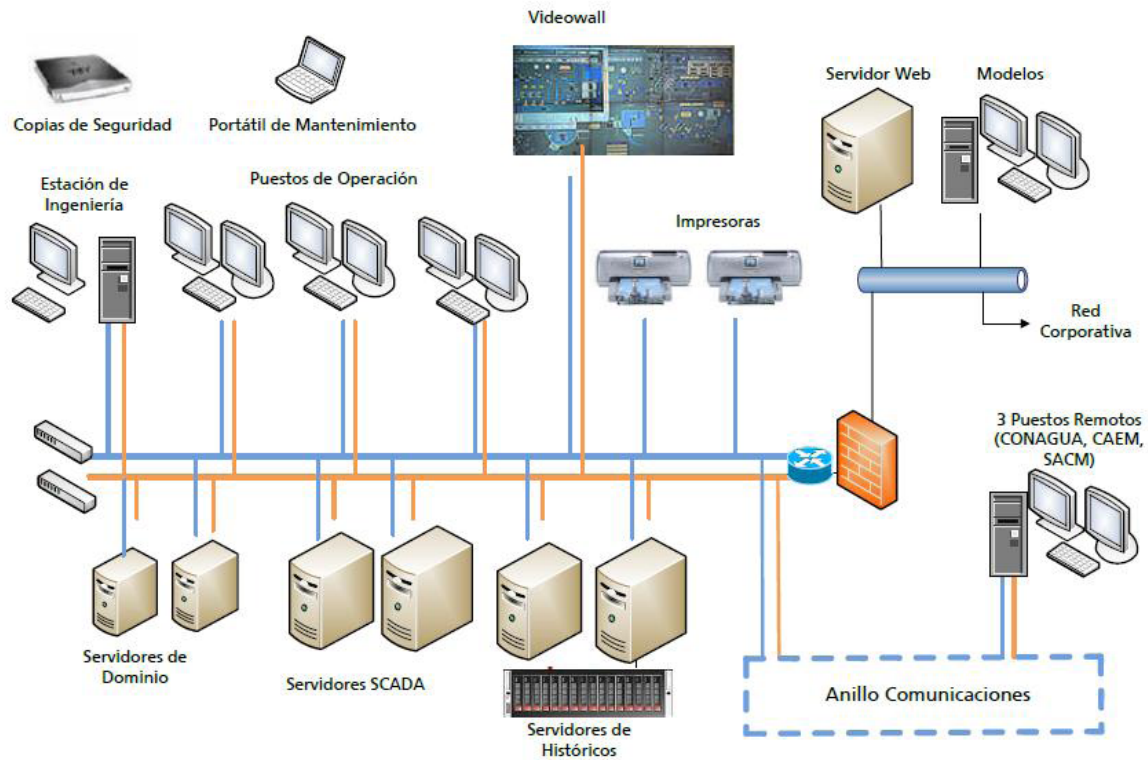
(servidor), un módulo que permita las interconexiones desde otras máquinas (clientes) al puesto central para ver gráficos, extraer información, monitorear, consultar, solicitar informes, etc. Dependiendo de la operación, se deberá considerar la posibilidad de contar con varios puestos de control (por ejemplo, para arranque y paro de equipos de bombeo y, de así convenir al sistema, para apertura y cierre de compuertas). Lo anterior permitirá en su etapa final a predecir el comportamiento hidráulico en las estructuras del sistema de drenaje, con ayuda de un modelo matemático alimentado con el pronóstico de lluvia.

En la figura siguiente se muestra un esquema de comunicación propuesto a base de anillos; la comunicación deberá de ser redundante.



Esquema propuesto de comunicación y telemetría.

En la figura siguiente se aprecia la arquitectura propuesta del centro de control.



Al concluir el anteproyecto se deberán tener todas las especificaciones de obra y equipo necesarias, así como un plan de acción y programa de actividades multianual, que permita programar y contratar un adecuado Sistema de Alerta y Control Supervisorio para el drenaje de la Zona Metropolitana del Valle de México, conforme a las prioridades que el estudio arroje y que los recursos presupuestales lo permitan.



Propuesta de videowall.

5. NUEVAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA EL VALLE DE MÉXICO



5.1 Problemática

La demanda de agua en la ZMVM ha crecido a la par que su población, y si bien el abastecimiento actual de 63 metros cúbicos sobre segundo para uso público urbano, pudiera definirse como “suficiente” para más de 19 millones de habitantes que habitan la región, este suministro representa un gran costo: la sobreexplotación de los mantos acuíferos (desde hace más de cinco décadas), condición que no sólo pone en riesgo la fuente de abastecimiento de agua subterránea como fuente principal, sino que conlleva a uno de los problemas más serios que es el hundimiento del suelo en todo el Valle de México de manera gradual e ininterrumpida.

Se observa que los niveles freáticos de los acuíferos del Valle de México descienden en algunas zonas más de un metro por año debido a la sobreexplotación. Del mismo modo se ha detectado una degradación paulatina de la calidad del agua. El hundimiento de la ciudad con afectación directa a la infraestructura urbana, principalmente de drenaje, en algunos puntos supera los 40 centímetros por año y se debe fundamentalmente a la misma sobreexplotación del acuífero.

Los sistemas Lerma y Cutzamala transfirieron agua de cuencas vecinas al Valle de México y de esta manera evitaron que la sobreexplotación de los acuíferos aumentara de manera más acelerada; sin embargo, los impactos han sido mayores en los últimos treinta años y continúan agudizándose. Desafortunadamente, se estima que al día de hoy el volumen renovable almacenado en las aguas subterráneas del Valle de México presenta una merma de 25 mil millones de metros cúbicos. El balance entre recarga y extracción, en cuanto a aguas subterráneas, según se consigna en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) del 28 de agosto de 2009, reporta una sobreexplotación de 17.3 metros cúbicos sobre segundo.

De esta manera, la ZMVM enfrenta, entre otros, el reto de satisfacer la demanda de agua y saneamiento de la población, reducir la sobreexplotación del acuífero, controlar los hundimientos del suelo urbano y reducir los riesgos y daños de las inundaciones.

Para alcanzar la sustentabilidad hídrica del Valle de México, en materia de suministro de agua potable, es necesario llevar a cabo, entre otras, las siguientes acciones de manera combinada:

1. Aumentar las fuentes de abastecimiento; para un equilibrio total en los acuíferos del Valle de México, el caudal requerido, aún con medidas de eficientización alcanzará los 17.3 metros cúbicos sobre segundo, al año 2030.
2. Reducir las pérdidas a un 25 por ciento (de 25.2 metros cúbicos sobre segundo actuales a 15.7 metros cúbicos sobre segundo) a un plazo que no rebase el 2030 (ajuste del consumo e incremento de la eficiencia física). Actividad a cargo de los gobiernos estatales y municipales que permitiría recuperar 9.5 metros cúbicos sobre segundo.
3. Restringir la utilización del agua de primer uso para fines de riego agrícola y consumos no potables dentro del Valle de México.

Bajo estas acciones, en la figura 42 se presenta la evolución de la oferta y la demanda de agua potable para el uso público-urbano en el Valle de México, con horizonte al año 2030. El caudal recuperado por eficientización en la distribución, estimado en 9.5 metros cúbicos sobre segundo, corresponde prácticamente con el necesario para cubrir el crecimiento poblacional, estimado en 9.4 metros cúbicos sobre segundo, por lo que la demanda total de agua potable se mantendría en los 63 metros cúbicos sobre segundo actualmente suministrados.

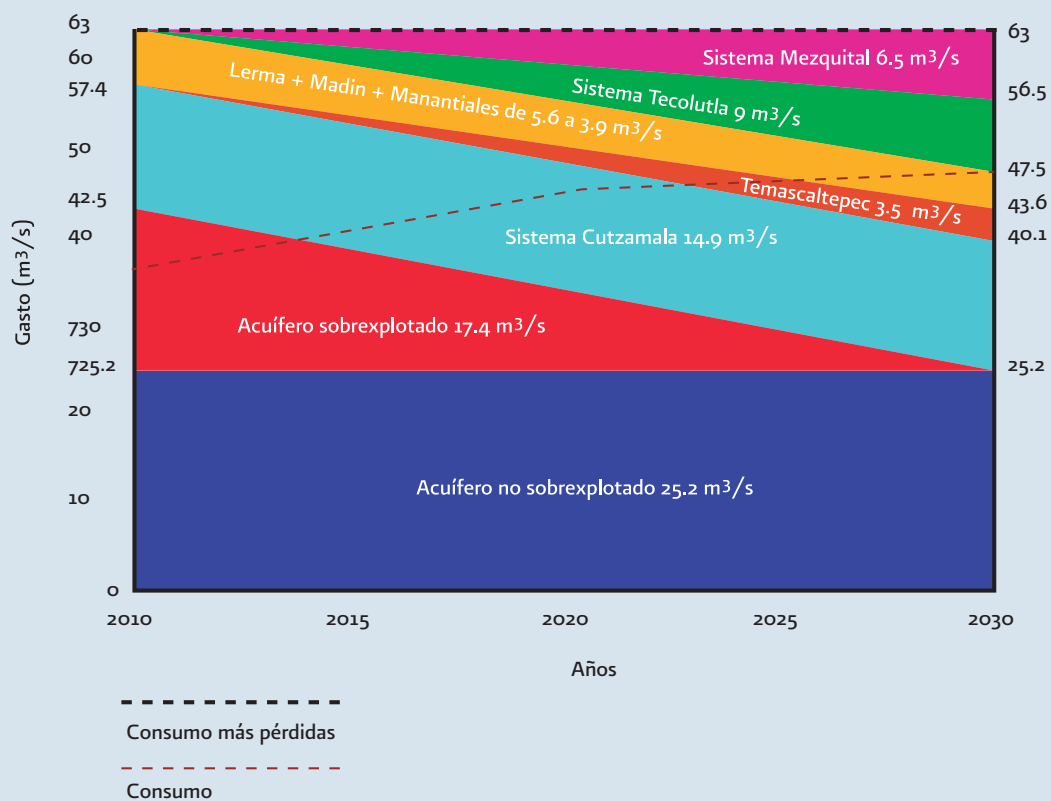


Figura 42 . Evolución de la oferta y demanda de agua potable.

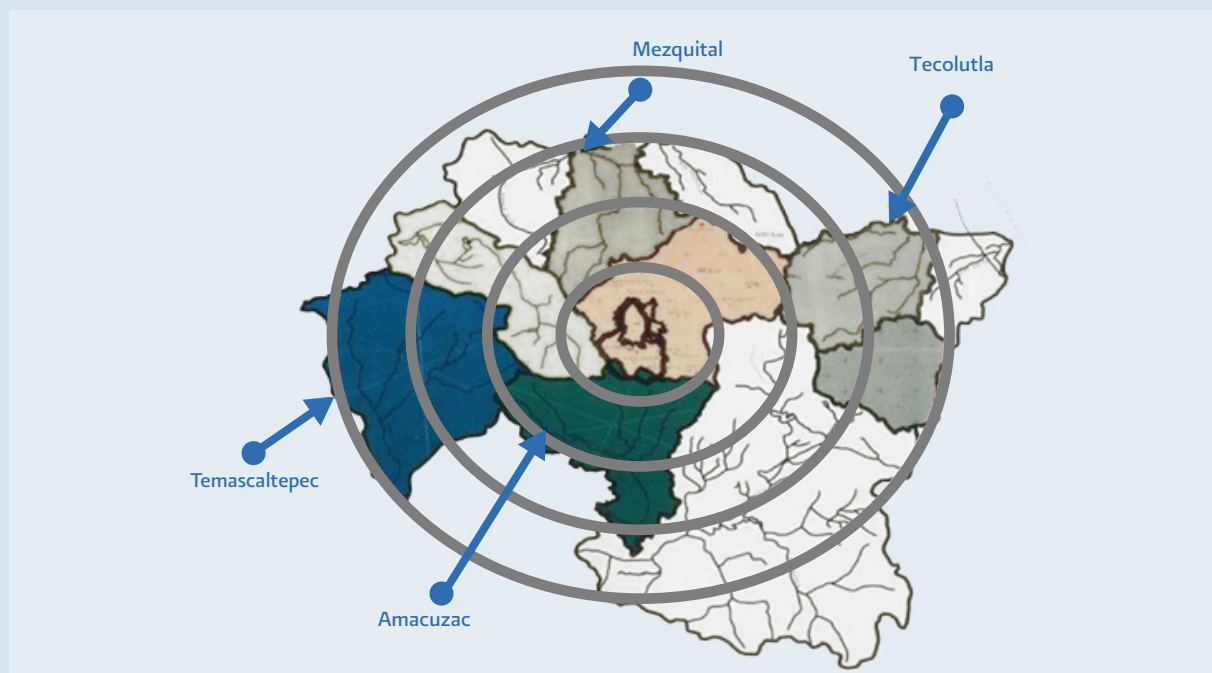
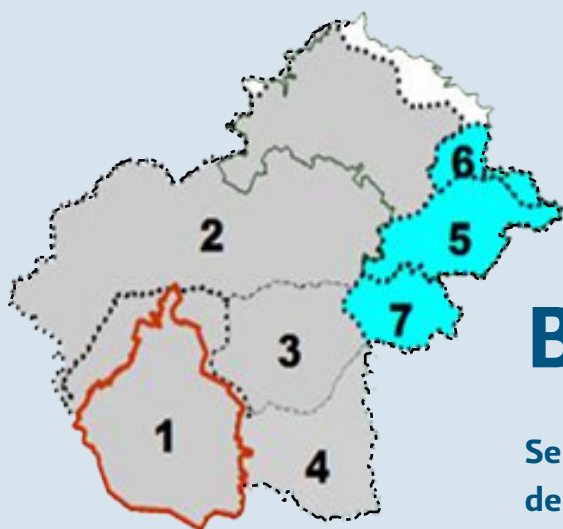


Figura 43. Fuentes de abastecimiento futuras.



Balance hídrico

Se presenta una sobreexplotación del acuífero de un déficit de:

17,4 m³/s*

		Cuenca	Recarga	Extracción	Balance
-17,4 m ³ /s	{	1 Z.M. Cd. de México	16,3	19,8	- 3,5
		2 Cuautitlán-Pachuca	11,3	23,8	- 12,5
		3 Texcoco	5,1	5,8	- 0,7
		4 Chalco-Amecameca	2,5	3,2	- 0,7
Posibles fuentes de suministro	{	5 Apan	4,9	0,1	4,8
		6 Tecocomulco	0,9	0,4	0,5
		7 Soltepec	2,9	0,6	2,3

*Disponibilidad de aguas subterráneas. D.O.F. 28 de agosto de 2009.

Figura 44. Balance del estado general de la oferta y extracción de agua subterránea.

Las nuevas fuentes se destinarán para eliminar la sobre explotación de los acuíferos del Valle de México y del Valle de Lerma, ya también con una merma importante en proporción al caudal suministrado.

Aún con acciones de mejoramiento de eficiencia, el déficit a cubrir a mediano plazo es de 17.4 metros cúbicos sobre segundo, situación que hace impostergable la incorporación de nuevas fuentes de abastecimiento.

Las fuentes factibles, por el costo estimado de agua en bloque y su factibilidad técnica y social desde hace décadas, son: Sistema Tecolutla-Necaxa (con una aportación estimada de 9 metros cúbicos sobre segundo para el Valle de México), Sistema Valle del Mezquital (con 6.5 metros cúbicos sobre segundo para el Valle de México), Sistema Temascaltepec (con una aportación de 3.5 metros cúbicos sobre segundo) y el Sistema Amacuzac (con aportaciones de 30 metros cúbicos sobre segundo para la primera etapa y de 18 metros cúbicos sobre segundo para la segunda), considerando en los cuatro casos derivaciones en ruta para beneficio de localidades cercanas de los estados de México, Puebla, Morelos e Hidalgo.

Es importante mencionar que el caso de Amacuzac es una opción técnicamente viable pero requiere de una inversión muy importante, por tratarse de cargas de bombeo entre los 1,500 y 1900 metros, y además no se cuenta con ninguna infraestructura de apoyo. Para las otras tres fuentes, ninguna por sí sola es suficiente para cubrir la necesidad de 17.4 metros cúbicos sobre segundo, siendo indispensable la incorporación de las tres, si es que realmente se pretende revertir la sobreexplotación del acuífero.

Por lo anterior, la Conagua, a través de la Coordinación General de Proyectos Especiales de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento del Valle de México (CGPEAAPSVM), solicitó y obtuvo del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) Apoyos No Recuperables del 100 por ciento para la elaboración de los estudios de ingeniería básica y anteproyectos para el abastecimiento de agua en bloque al Valle de México a partir de:

- 1) Sistema Tecolutla-Necaxa
- 2) Sistema Mezquital

Todas estas nuevas fuentes podrán contribuir a un equilibrio en los acuíferos del Valle de México dada su sobreexplotación en 17.4 metros cúbicos sobre segundo. En todos los casos, se contempla la participación de la Federación y los gobiernos del Distrito Federal y estados de México e Hidalgo. Los estudios a desarrollar permitirán elaborar los trabajos necesarios para integrar los documentos para la licitación, con la mayor certidumbre posible, del proyecto, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento de las obras de cada uno de los sistemas.

Con los apoyo por parte del FONADIN se licitaron y ya iniciaron las primeras fases de los estudios dando el primer paso para disminuir el problema de sobreexplotación de los acuíferos y dar sustentabilidad al abastecimiento de agua potable al Valle de México.



Figura 45. Nuevas fuentes de abastecimiento de agua potable en el Valle de México.

5.2 Sistema Tecolutla-Necaxa para el abastecimiento de agua en bloque al valle de México e Hidalgo

El objetivo del Sistema Tecolutla-Necaxa será entregar agua en bloque para la región de mayor crecimiento de la población del valle y mayor déficit de agua potable, justo en el nororiente del Distrito Federal y del Estado de México, en el punto conocido como el cerro de Chiconautla.

El estudio del Sistema Tecolutla se realiza con apoyo al 100 por ciento, no recuperable, por parte de Banobras, y estará dividido en tres etapas: 1) Estudios técnicos y de ingeniería básica, 2) Evaluación socioeconómica y 3) Asesoría especializada. La primera etapa, Estudios técnicos y de ingeniería básica, inició en agosto de 2012 y concluirá en julio de 2013. La totalidad de las tres etapas se programó con una duración total de 18 meses, previendo traslapes de tiempo entre cada una de ellas que a la vez se alimentan entre sí.

El proyecto contempla suministrar aproximadamente 9 metros cúbicos sobre segundo al Valle de México de agua proveniente de las presas de Tenango, Nexapa, Necaxa, La Laguna y Los Reyes que conforman el Sistema Hidroeléctrico Necaxa. Este sistema, situado en la sierra norte del estado de Puebla, fue construido con la finalidad de generación de energía eléctrica al centro del país, iniciando su operación en el año 1905. Se conforma de cinco vasos de almacenamiento: Necaxa, Tenango, Nexapa, La Laguna y Los Reyes, cuya capacidad de almacenamiento total de acuerdo con las curvas de elevaciones-áreas-capacidades (EAC) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) es de 140 millones de metros cúbicos. La zona de estudio se localiza dentro de los límites de los estados de Puebla e Hidalgo.

a) Descripción general del sistema

Los principales elementos hasta ahora considerados para el Sistema Tecolutla-Necaxa, y que podrán sufrir alguna variación conforme avancen los trabajos, son: longitud total aproximada del acueducto de 140 kilómetros, iniciando en la presa Necaxa y llegando hasta el cerro de Chiconautla, en el estado de México, en tuberías con diámetros aproximados de 84 y 100 pulgadas (en caso de construirlo con dos líneas paralelas, lo que se definirá ya como parte de los trabajos de ingeniería básica por desarrollar). Se estiman un total de cinco plantas de bombeo, con carga total a vencer de 1,430 metros para los almacenamientos más bajos y de aproximadamente 650 a 700 metros para los almacenamientos altos, y posibilidad de derivaciones en ruta a localidades del estado de Hidalgo. Actualmente se trabaja en balances detallados entre la disponibilidad y las asignaciones de usos consuntivos a fin de aprovechar la mayor cantidad de agua de las cuencas altas pero sin afectar los compromisos de usos del agua, incluidos los caudales ecológicos.

El Sistema Necaxa está dividido en tres divisiones, conformando un total de cinco vasos y/o presas, cuatro centrales hidroeléctricas, obras de captación, canales y túneles. La primera división comprende los vasos de La Laguna, Los Reyes y Necaxa, la segunda División comprende los Vasos de Acatlán y Tenango, y la tercera división comprende el Vaso de Nexapa.

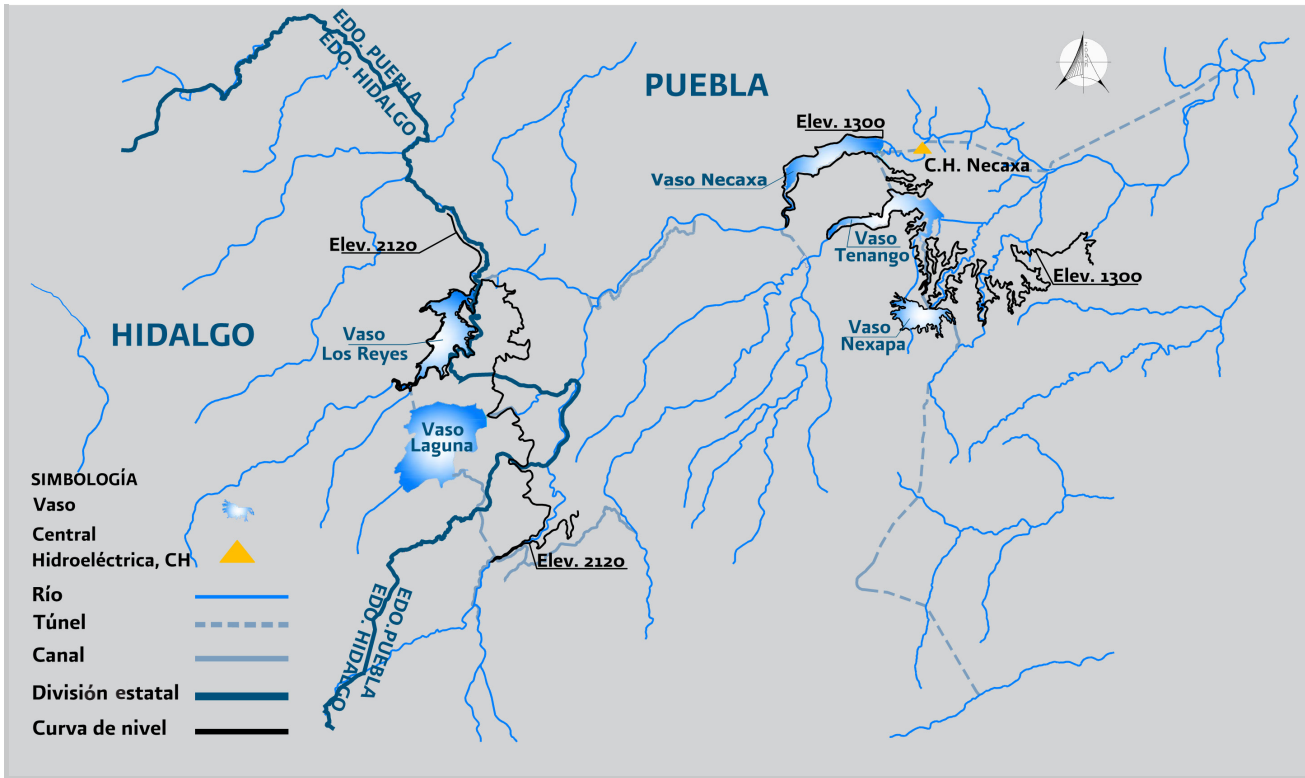


Figura 46. Esquema funcional del Sistema Necaxa, Zona de estudio.



Obras de toma de Los Reyes y Necaxa.



Presa Necaxa.

b) Alternativas de trazo

Con el fin de definir el mejor trazo para el acueducto, el estudio contempla el análisis de varias alternativas de trazo para la línea de conducción, con la posibilidad de instalar 2 tuberías en paralelo, con la finalidad de darle flexibilidad al acueducto. Con los análisis técnico-económicos que habrán de realizarse para cada alternativa se dará la pauta para elegir el mejor trazo. Es importante decir que el factor social y de tenencia de la tierra será fundamental para la correcta alternativa. La figura siguiente muestra las diferentes alternativas de trazo hasta ahora identificadas.

Las alternativas propuestas inician en un punto común en las presas del sistema Necaxa y todas llegan al Cerro de Chiconaulta, en el estado de México, como punto de entrega final de agua en bloque. Los trazos contemplan, para la alternativa sur, pasar a un costado de la Laguna de Tecocomulco, paralelo a la carretera estatal. La alternativa norte se considera por el derecho de vía de la autopista Mex 130, y cada opción con algunas variantes como túneles.

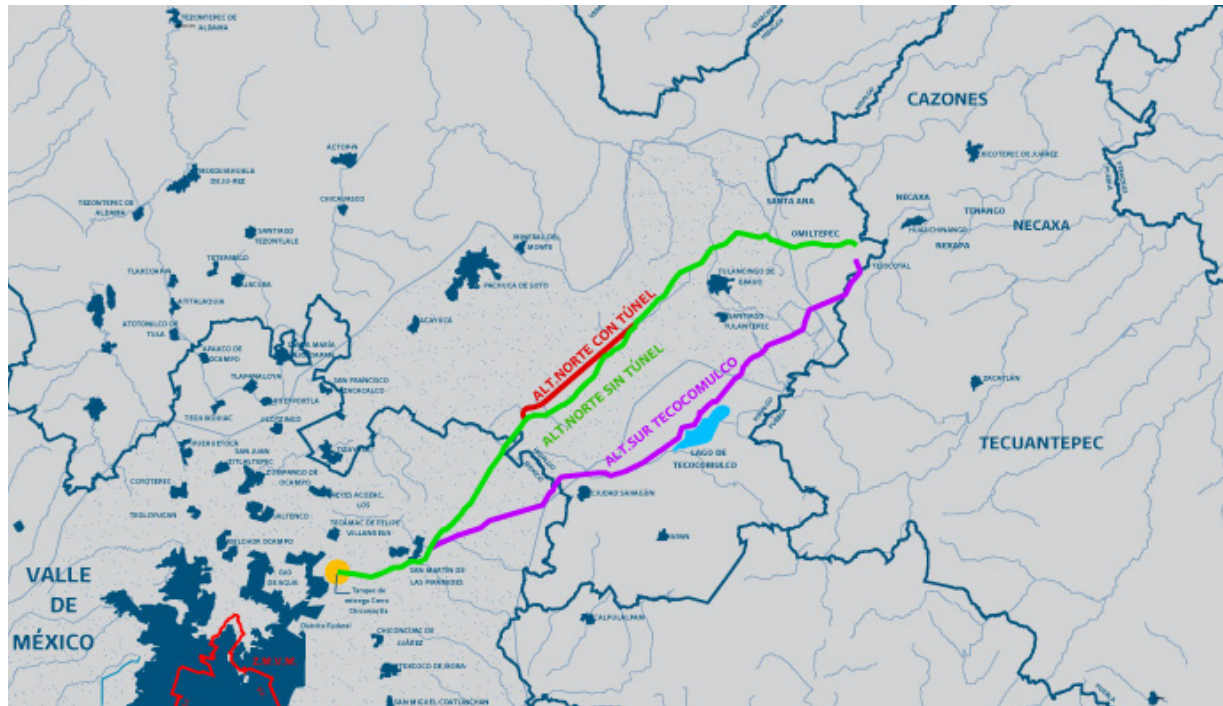


Figura 47. Opciones de trazo para el acueducto (preliminares).

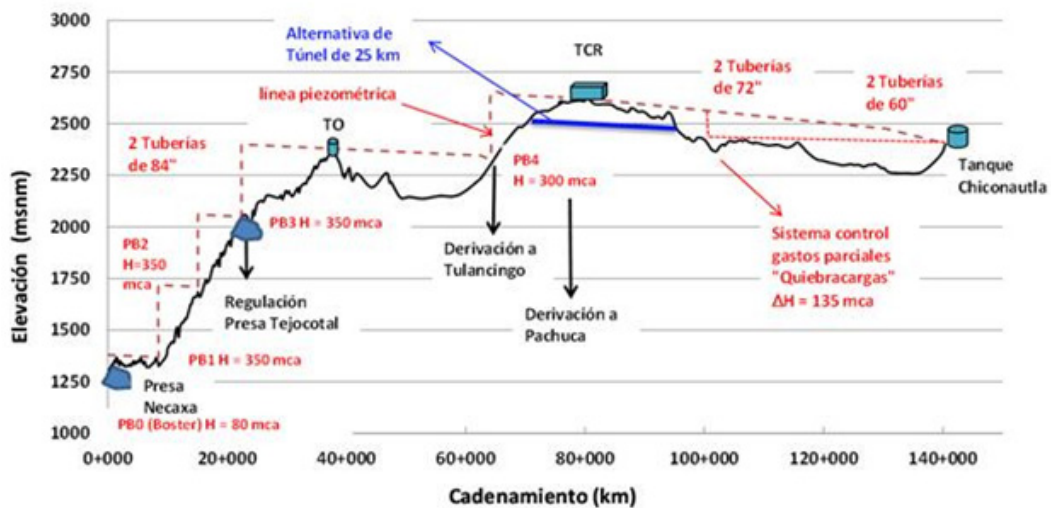


Figura 48. Perfil de opción de trazo norte (información de análisis preliminares).

5.3 Sistema Mezquital para el abastecimiento de agua en bloque al Valle de México e Hidalgo

De acuerdo con los estudios realizados al 31 de marzo de 2011 por el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), la disponibilidad media anual de agua subterránea en los acuíferos de la zona del Valle del Mezquital (Mezquital, Ixmiquilpan, Actopan-Santiago, Ajacuba y Tepeji del Río) se estima en aproximadamente 300 millones de metros cúbicos al año, que equivalen a cerca de 10 metros cúbicos sobre segundo. Desde 1970, se documentan más de 30 estudios y artículos relacionados con los acuíferos de esta zona.

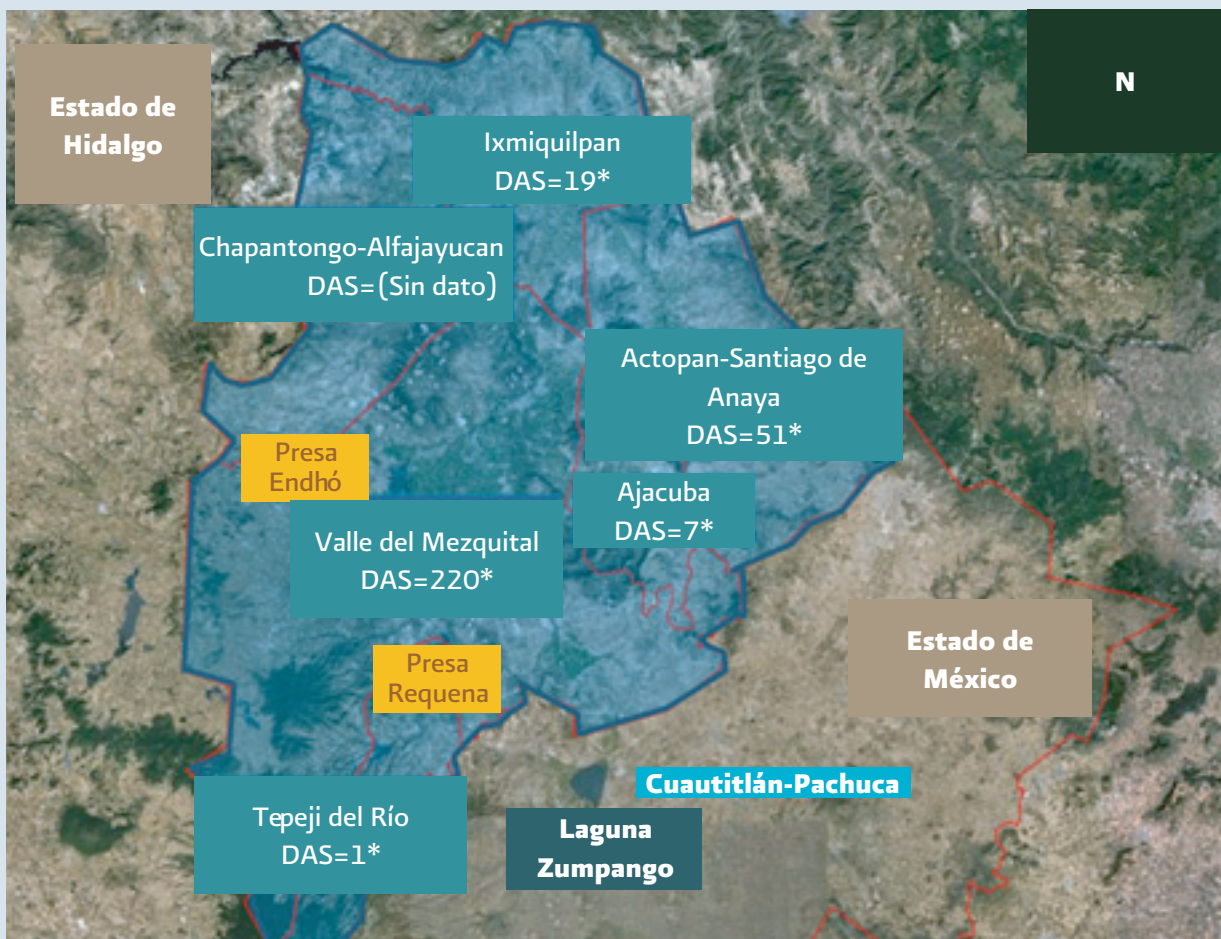
El agua subterránea del Valle del Mezquital se contempla como una fuente de reúso indirecto, segura y confiable con entrega también en la zona de mayor déficit de agua en el Valle de México, en el nororiente del Distrito Federal y del Estado de México, cuya conceptualización debe incorporar los más recientes avances técnicos y de manejo ambiental para constituirse como un proyecto de reúso indirecto del agua, considerando la fuente de recarga del acuífero, más en el futuro inmediato la construcción de la Planta de Tratamiento de Atotonilco.

El estudio con apoyo al 100 por ciento no recuperable por parte de Banobras, estará dividido en cuatro etapas: 1) Estudios técnicos de geohidrología, calidad del agua, tenencia de la tierra y aspectos sociales en la zona de captación, 2) Anteproyecto e ingeniería básica de acueducto y batería de pozos, 3) Evaluación socioeconómica, y 4) Asesoría especializada. La primera de estas cuatro etapas, una vez licitada, ha sido asignada, iniciando en

octubre de 2012 para concluir en mayo de 2013. La duración total de las cuatro etapas de los estudios se estima en 24 meses, considerando que habrá traslapes entre cada una de ellas.

Los elementos principales del Sistema Mezquital que a nivel preliminar se conciben son de cinco a siete campos de extracción (operación flexible de baterías de pozos), alrededor de 200 kilómetros de interconexiones de pozos, sobre tres plantas de bombeo con una carga total de 575 mca (sin considerar el bombeo de la zona de pozos), aproximadamente 80 kilómetros de acueducto (más probables 18 kilómetros para entrega en Hidalgo) y una planta potabilizadora que permita garantizar la seguridad del consumo acorde a la calidad del agua de la fuente de abastecimiento y conforme a los estándares nacionales e internacionales.

La primera etapa ya antes mencionada permitirá realizar un estudio geohidrológico para definir la ubicación, tipos de acuíferos y funcionamiento de los mismos, las zonas más productivas para la explotación de agua y diagnóstico de la calidad del agua en toda la zona de extracción a través de una campaña de muestreo para diseñar pruebas de tratabilidad y procesos de potabilización. Además se analizará la situación de tenencia de la tierra donde será fundamental revisar todas las zonas de captación donde impacta el sistema Mezquital.



NOTAS: DAS=Disponibilidad de agua de acuerdo al REPDA, 2011.

- Volúmen de agua disponible en millones de metros cúbicos por año ($Mm^3/año$)
- Volúmen de agua disponible de todos los acuíferos= **300 $Mm^3/año$**

Figura 49. Acuíferos en la zona del Valle del Mezquital.

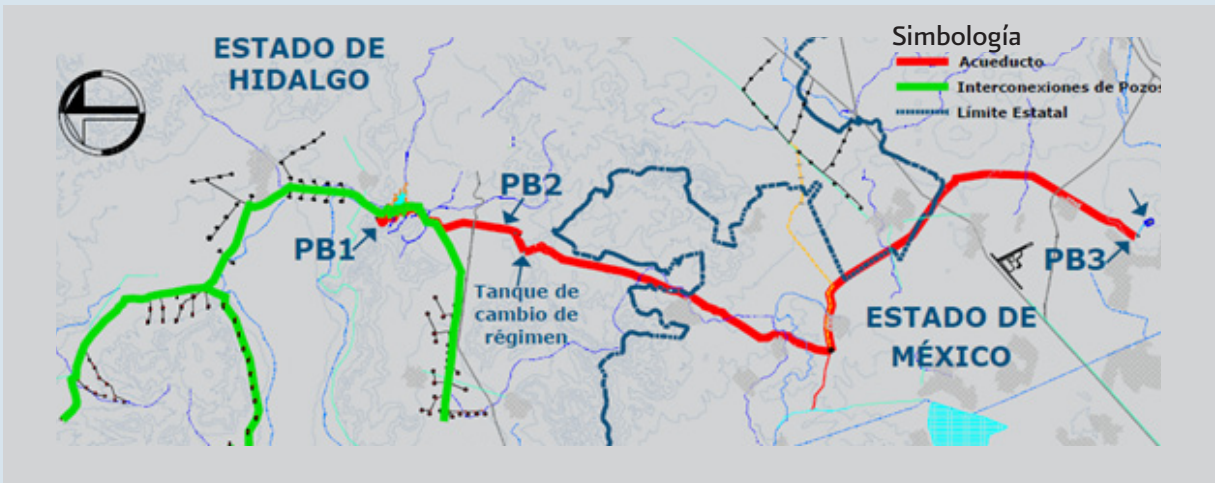


Figura 49. Esquema general del Sistema Mezquital (propuesta preliminar).



Manantial Cerro Colorado, Hidalgo, con agua de muy buena calidad, que se contamina aguas abajo por descargas de drenes agrícolas. Aspecto que mejorará con la construcción de la PTAR Atotonilco.

6. CONTINUIDAD EN EL PROGRAMA DE SUSTENTABILIDAD HÍDRICA DEL VALLE DE MÉXICO



El Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México no debe quedar en un programa sexenal, es importante dar continuidad al mismo, principalmente en las labores de gestión y construcción de infraestructura de nuevas fuentes de abastecimiento, así como en las obras de infraestructura de drenaje cuya ingeniería ha quedado concluida, además de aquellas de carácter local que permitan el pleno aprovechamiento de la nueva infraestructura, no restándole importancia a la ampliación que requiere la capacidad de regulación para el control de escurrimientos.

El proceso de planeación y programación hidráulica es un proceso dinámico que debe ser atendido por un área específica que se encargue, no solo de fijar acciones y planear hacia el futuro, sino del seguimiento al cumplimiento de los objetivos y metas que se establezcan y de la revisión a la aplicación de las estrategias adecuadas. Esta área evidentemente debe retroalimentar a las áreas de ingeniería y construcción, sin dejar de lado el apoyo de las áreas administrativas.

6.1 Acciones en materia de infraestructura de drenaje por concertar

Además de las labores propias para operación y mantenimiento del sistema de drenaje, dentro del cuerpo de este documento se mencionan las acciones en proceso de ejecución o que deben ser concertadas para cada uno de los subsistemas; retomando estas partes del documento se deben atender los siguientes aspectos:

a) Túnel Interceptor Río de los Remedios

Para el Túnel Interceptor Río de los Remedios, en sus obras de captación que habrán de concluirse antes de la temporada de lluvias del año 2013, es recomendable analizar la conveniencia de la instalación de rejillas para la retención de sólidos en las obras de captación, principalmente en las captaciones asociadas al río de los Remedios y al Dren General del Valle. Este análisis debe

extenderse hacia el resto de las obras de captación del Drenaje Profundo, ya que ha sido un tema muy polémico entre las diferentes instancias involucradas en la operación del sistema; únicamente la captación principal del Río de la Compañía hacia el túnel del mismo nombre cuenta con rejillas. Los sólidos y basura no retenidos y retirados en el resto de las obras de captación llegan al drenaje profundo, fundamentalmente a través de las rejillas de las plantas de bombeo, situación no deseable, de mayor costo y con interrupciones en la operación de las bombas.

b) Sistema Río de la Compañía

Para el caso del Río de la Compañía, y como complemento a la infraestructura ya construida y en operación, será necesario dar seguimiento al compromiso y las gestiones del gobierno del Estado de México para que en el mediano plazo, y en coordinación con el Organismo de Cuenca de Aguas del Valle de México de la Conagua, se lleve a cabo la construcción de otras siete presas de regulación en la parte alta de la cuenca del río de la Compañía (cinco presas sobre el río San Francisco y dos más sobre el San Rafael).

Si no fuera factible la adquisición de alguno de los sitios para la construcción de las siete presas faltantes (y aun siéndolo), existe la opción de aumentar aún más la capacidad de regulación en La Gasera mediante la modificación del fondo del vaso y el reforzamiento de bordos, lo cual tendría que realizarse durante la temporada de estiaje, con la necesidad de reubicar un colector municipal que atraviesa el vaso de la presa (colector San Marcos Huixtoco).

Por otro lado, con la participación de las tres instancias de gobierno, para el tramo del Río de la Compañía donde se han retirado los bordos, debe evitarse la invasión no deseada de asentamientos irregulares, procediendo a resguardar la franja recuperada, gestionando las acciones para el mejoramiento del paisaje urbano y el mejoramiento de la calidad de vida de la población circundante, probablemente con la construcción de un parque lineal.



Parque lineal.

Finalmente, para el tramo entre la Presa de Regulación La Gasera y la Autopista México-Puebla, a partir de julio de este 2012 se han detectado problemas de agrietamiento, con la necesidad intrínseca de llevar a cabo estudios de detalle para identificar las mejores propuestas de solución. Los sumideros y también los agrietamientos longitudinales se han tratado con un relleno de suelos granulares a manera de filtro invertido para reducir infiltraciones. Este es un tratamiento utilizado regularmente para este tipo de problemas. Se recomienda llevar a cabo un estudio de prospección geofísica calibrada con sondeos, para establecer patrones de anomalías en el subsuelo, identificar oportunamente otros sitios de posible falla y plantear acciones de prevención y solución, como acopio de materiales granulares a lo largo del canal en zonas estratégicas para soluciones temporales y definir mejoras mayores para prevención y/o relleno de grietas, incluidas opciones de una posible nueva conducción.

Las inspecciones realizadas en el año actual (julio 24 y agosto 7 de 2012) hacen suponer que en este tramo

del canal podrán generarse condiciones de riesgo semejantes a las que llevaron a la sustitución del tramo aguas abajo, por un túnel y un ducto cerrado.

c) Sistema de drenaje de la zona Norponiente

Además de las labores de gestión para la asignación de recursos a las obras del Túnel Emisor Poniente II (TEP-II) y de recuperación del cauce del Río San Javier, deberán llevarse a cabo labores de concertación con CAEM, municipio de Tlalnepantla (Organismo Operador) y concesionario para la descarga de aguas pluviales en eventos extraordinarios a través del semiprofundo del Río San Javier.

También es necesario llevar a cabo labores de concertación con los colonos de Ciudad Satélite, donde se involucren los tres niveles de gobierno, para definir la factibilidad de trazo de una posible interconexión del Vaso El Cristo con el TEP-II a la altura del río Tlalnepantla y, en su caso, contratación del proyecto ejecutivo, incluida la adecuación de los niveles de rasante para el proyecto actual que permita la interconexión y drenado del Vaso El Cristo.

Por otro lado, para el caso específico del canal a cielo abierto que recibe la descarga del TEP y que recibirá los del nuevo TEP-II, donde se espera llegar a transitar un caudal ligeramente superior a los 150 metros cúbicos sobre segundo (período de retorno de 50 años), será necesario estudiar opciones de solución que eviten tirantes muy próximos al bordo libre, ya sea mediante la sobre elevación de bordos o el revestimiento del mismo, principalmente en los primeros seis kilómetros, además de la necesidad de considerar la sobre elevación de los puentes peatonales y vehiculares que indebidamente se han construido invadiendo o reduciendo la sección de este canal, restándole capacidad hidráulica. Se recomienda llevar a cabo un estudio de ingeniería básica y proyecto ejecutivo de donde se desprendan las necesidades para dar seguridad al tránsito de la avenida máxima.

d) Túnel Emisor Oriente y sus obras complementarias

La primera etapa del Túnel Emisor Oriente (TEO), entrará en operación antes de la temporada de lluvias del año 2013. Esta primera etapa incluye el tramo de túnel desde la lumbrera 0 (L0) hasta la lumbrera 5 (L5), ya concluido en su excavación y actualmente en proceso de su revestimiento secundario. La planta de bombeo El Caracol, tiene un túnel de interconexión con la L5 para bombear hasta 40 metros sobre segundo al Gran Canal, aguas abajo del parteaguas formado por los hundimientos. Con esta primera etapa, se incrementará la capacidad de emisión en 40 metros sobre segundo, para avanzar en la protección contra inundaciones de la zona más baja del Valle de México.

Para este mismo primer tramo, deberá vigilarse la oportuna terminación de 12 de las 15 obras de captación actualmente en proceso de construcción.

Las otras tres captaciones, que son PB20, Plásticos y Acolman, no han iniciado su construcción. Debe acelerarse la gestión para la adquisición de estos tres predios, con prioridad a la captación de Plásticos.

Para el resto del TEO deberá llevarse una estrecha vigilancia del programa de ejecución y control de la obra de tal suerte que se de cumplimiento a su terminación programada.

Deberán asignarse las obras propias para el manejo de caudales en los portales de salida del Sistema de Drenaje Profundo, que permitan la interconexión del TEO con la infraestructura existente del Emisor Central y el Río El Salto y la derivación de los caudales hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco, obras para las que ya se cuenta con el Proyecto Ejecutivo, desarrollado en forma interna.

e) Proyecto Ejecutivo de Rectificación del Río Tula

Al Río Tula habrán de confluir las descargas del Túnel Emisor Central, Río El Salto y Túnel Emisor Oriente, sumando en su descarga un caudal máximo extraordinario de 400 metros cúbicos sobre segundo.

Es importante destacar que este caudal en la descarga puede llegar a 500 metros cúbicos sobre segundo bajo una descarga no controlada de la Presa Requena, siendo conveniente someter a la consideración del Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas (CTOOH), la opción de modificar el protocolo de operación de la presa "Requena" durante la época de lluvias, que permita un almacenamiento mínimo de 5 millones de metros cúbicos a fin de poder controlar su descarga por un tiempo mínimo de 48 horas. Lo anterior evitaría la coincidencia de la descarga de dicha presa con la avenida máxima extrema proveniente del Valle de México, incrementada con la incorporación del Túnel Emisor Oriente. El volumen de regulación recomendado se logrará con mantener el nivel de la presa por lo menos un metro por debajo del NAMO.

Para el manejo de este caudal se ha trabajado en el diagnóstico y propuestas de solución conceptuales por parte del Instituto de Ingeniería de la UNAM que implican el incremento en capacidad en tramos críticos del río, con opciones de solución que habrán de particularizarse y detallarse a nivel proyecto ejecutivo. En el caso de los puentes, si bien los resultados del Instituto de Ingeniería arrojan que pudieran conservarse, las velocidades del flujo resultan elevadas y, en consecuencia debe evaluarse, a nivel de proyecto ejecutivo, su comportamiento estructural.

Para llevar a cabo las actividades de diagnóstico y propuestas de solución se ha establecido una estrecha coordinación con el personal técnico del gobierno del estado de Hidalgo y la Dirección Local de la Conagua en el mis-

mo estado, ya que a través de estas instituciones se lleva a cabo el anteproyecto para la rectificación del río en la zona urbana de la ciudad de Tula, Hidalgo, obras para las que ya se cuenta con el registro en la cartera de la SHCP.

Las soluciones planteadas deberán llevarse a proyecto ejecutivo, analizando sección por sección y evaluando la modificación de puentes, que permitan optimizar las secciones de proyecto, fundamentalmente en zonas urbanas, en total congruencia con los trabajos de anteproyecto con que cuenta el gobierno del estado. Cabe mencionar la existencia de estudios de ingeniería básica (topografía y geotecnia) realizados por la CFE en 2009 y que habrán de aprovecharse, siendo necesario sólo levantamientos complementarios y/o trabajos de geotecnia complementarios que marque el desarrollo del proyecto.

f) Proyecto ejecutivo del Sistema de Alerta y Control Supervisorio y su implementación por etapas

Finalmente, dentro de los trabajos llevados a cabo y que deben tener continuidad están los asociados a la conceptualización a nivel de anteproyecto tecnológico de un Sistema de Alerta y Control Supervisorio que sirva para monitorear (lluvias, gastos, niveles, etc.), vigilar, modelar hidráulicamente en tiempo real la red de drenaje y, en su caso, controlar en un puesto central único o "Centro de Control Operativo" de manera integral y automática la operación del sistema primario de drenaje en las principales estructuras de los canales, ríos, lumbreras, túneles y presas que conforman el sistema, reduciendo la vulnerabilidad del mismo ante fenómenos meteorológicos extremos.

Las soluciones que se desprendan de dicho estudio, deberán llevarse a proyecto ejecutivo y ser programadas para su implementación conforme al plan de acción y jerarquización de prioridades que del mismo estudio se

desprenda. Este esfuerzo permitirá programar y contratar un adecuado Sistema de Alerta y Control Supervisorio para el drenaje de la Zona Metropolitana del Valle de México.

g) Estudios y proyectos complementarios del Sistema Troncal de Drenaje del Valle de México

Si bien es cierto que con la conclusión del Túnel Emisor Oriente y las obras antes descritas el sistema de drenaje habrá de adquirir una mayor flexibilidad para la emisión de los escurrimientos en la Zona Metropolitana del Valle de México y el mantenimiento del sistema durante la época de estiaje, también es cierto que las concentraciones de lluvia en poco tiempo hacen indispensable trabajar en los estudios y proyectos para ampliar las zonas lagunares que permitan la regulación de las aguas de lluvia.

Para poder controlar los gastos máximos instantáneos, así como la variación entre caudal escurrido en 8 horas y una emisión de 24 horas, estudios de Instituciones Públicas y Privadas manejan la necesidad de una regulación de aproximadamente 26 millones de metros cúbicos, aún ya con la construcción del TEO, disponiéndose actualmente de poco más de 14 millones de metros cúbicos; se estima un déficit de regulación de 12 millones de metros cúbicos.

Lo anterior quedó de manifiesto durante la temporada de lluvias del año 2011, en la semana del 26 de junio al 3 de julio. Por el Huracán "Arlene" se presentaron lluvias generalizadas de muy larga duración, que aportaron volúmenes de escurrimientos equivalentes a los de una tormenta de diseño con período de retorno de 50 años, como la considerada para definir la capacidad del Túnel Emisor Oriente (TEO), donde los excedentes hubieron de regularse en la zona federal del Lago de Texcoco.



Volúmenes regulados en la Zona Federal del Lago de Texcoco Huracán “Arlene”.

<< “Arlene” generó una lluvia de mayor duración que la lluvia de diseño del TEO; si se hubiese tenido el mismo volumen en menor duración (como la lluvia de diseño del TEO), seguramente las consecuencias hubieran sido graves.>>

Una tormenta estadística para un período de retorno de 50 años genera un caudal máximo instantáneo de aproximadamente 1,100 metros cúbicos sobre segundo, con un volumen del orden de 56 Mm³, concentrados en 8 horas (“Arlene” generó volúmenes equivalentes aunque de mayor duración).

Hoy es también cierto que se ha alcanzado el límite de la capacidad del río Tula para transportar las descargas de los emisores Central (existente) y Oriente (en construcción) hacia la Presa Endhó, por lo que las acciones siguientes deberán estar enfocadas al incremento de la capacidad de regulación y no necesariamente a la construcción de conductos que permitan expulsar más rápidamente el agua de lluvia, transfiriendo el problema de inundaciones a las ciudades de Jasso y Tula, en Hidalgo. Los conductos que hayan de construirse deberán estar planeados para el vaciado de zonas lagunares, una vez

que hayan cesado los escurrimientos y no para la emisión instantánea de los “picos” de los escurrimientos.

6.2 Acciones en materia de infraestructura de nuevas fuentes de abastecimiento de agua potable por concertar

En materia de abastecimiento de agua potable al Valle de México también deberá darse continuidad a los programas y compromisos concertados entre las diferentes entidades y dependencias con la participación de los tres niveles de gobierno, particularmente en lo que concierne a las acciones que permitan recuperar el equilibrio hidrológico de la cuenca del Valle de México y contribuir, de manera decisiva, a la viabilidad de la Zona Metropoli-



Volúmenes regulados en la Zona Federal del Lago de Texcoco Huracán “Arlene”.

tana en el mediano y largo plazos, revirtiendo la sobre explotación de los acuíferos del Valle de México y del Valle del Lerma y afrontando el reto de una satisfacción equilibrada de la demanda.

Como ya se ha mencionado para alcanzar la sustentabilidad hídrica del Valle de México, en materia de suministro de agua potable, es necesario llevar a cabo, entre otras, las siguientes acciones de manera combinada:

1. Aumentar las fuentes de abastecimiento; para un equilibrio total en los acuíferos del Valle de México, el caudal requerido, aún con medidas de eficientización alcanzará los 17.3 metros cúbicos sobre segundo, al año 2030.

2. Reducir las pérdidas a un 25 por ciento (de 25.2 metros cúbicos sobre segundo actuales a 15.7 metros cúbicos sobre segundo) a un plazo que no rebase el 2030 (ajuste del consumo e incremento de la eficiencia física). Actividad a cargo de los Gobiernos Estatales y Municipales que permitiría recuperar 9.5 metros cúbicos sobre segundo.

3. Restringir la utilización del agua de primer uso para fines de riego agrícola y consumos no potables dentro del Valle de México.

Con base en los estudios de ingeniería básica y anteproyectos que ya se han iniciado para las nuevas fuentes de abastecimiento, previo a la construcción, deberá trabajarse en estructurar desde el punto de vista técnico y financiero, un programa de acciones e inversiones, con diversas alternativas de financiamiento, con las que se garantice en el corto, mediano y largo plazo la correcta implementación de los proyectos de abastecimiento de agua en bloque, con la posible participación del sector privado, analizando la viabilidad jurídica y proponiendo el esquema de contratación legal que mejor se adapte a las necesidades y posibilidades del promotor del proyecto.

Para estas actividades previas a la licitación de las obras, también se cuenta con el apoyo financiero al 100 por ciento no recuperable de FONADIN (Banobras).

Acciones complementarias a lo anterior estarán encaminadas a mejorar la distribución del recurso hídrico, entre otras, con la conclusión total de las obras asociadas a los tanques de regulación y conductos periféricos planeados por los Gobiernos del Distrito Federal y el Estado de México, denominados “Acuaférico” y “Macro-circuito”.

ACCIONES DE INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE Y ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL VALLE DE MÉXICO, 2007-2012

COORDINACIÓN GENERAL DE PROYECTOS ESPECIALES
DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
DEL VALLE DE MÉXICO

ÁREA DE INGENIERÍA

AGRADECEMOS EL APOYO OFRECIDO PARA LA IMPRESIÓN DE ESTE DOCUMENTO A LAS SIGUIENTES
EMPRESAS DE CONSULTORÍA:



