



## **I. ANTECEDENTES**

### **1.1 LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES EN EL VALLE DE MÉXICO PARA EL DESALOJO DE AGUAS PLUVIALES Y RESIDUALES .**

El primer antecedente en el Valle de México para la evacuación de agua producto de las lluvias fuera de la cuenca fue propuesto por Enrico Martínez en 1608, quien planteó la construcción de un túnel y una abertura entre los cerros de Nochistongo. Sin embargo, la falta de revestimiento en la galería del túnel ocasionó varios derrumbes que lo dejaron inservible por muchos años, finalmente, en 1789, 181 años después del inicio de las obras, se inauguró el tajo a cielo abierto.

Durante la presidencia de Porfirio Díaz se concretó un proyecto completo y definitivo del desagüe del Valle: El Gran Canal de Desagüe, el proyecto consta de un canal, un túnel y un tajo de salida, el túnel cuenta con una longitud de 10.21 kms. y 24 lumbreras de dos metros de ancho; su sección transversal es de forma oval, calculado para recibir un gasto de 16 metros cúbicos por segundo.

En tiempos más recientes, durante los años 60's se registra otro intento por construir un túnel, se trataba de un colector en el subsuelo arcilloso de la ciudad de México, sin embargo esta experiencia resulto en fracaso al colapsar dicho túnel aún en construcción, razón por la cual se exploran nuevas tecnologías y procedimientos para la construcción de túneles en suelos blandos característicos del valle de México, la solución llega con el uso de los llamados escudos que permiten realizar la excavación con seguridad en esos difíciles suelos del Valle de México, en una sección transversal circular.



Poco tiempo después se inician los trabajos de una de las primeras obras modernas de gran importancia para desalojo de agua residual construidas en el valle de México por medio de túneles, consistió en la construcción del emisor central y dos interceptores profundos: el central y el oriente. La profundidad de desplante de estos túneles permitieron que el desagüe se realizara por gravedad y que no fuera afectado por los asentamientos del terreno, en 1967 se dio inicio a esta importante obra de la ingeniería mexicana del siglo XX.

La experiencia que dejó la construcción de los túneles del drenaje profundo en la Ciudad de México resultó de gran provecho para la construcción de obras posteriores realizadas por medio de túneles, ya que su trazo atravesó suelos de poca resistencia, encontrándose también zonas de roca sólida.

Los túneles que forman parte del Sistema de Drenaje Profundo alcanzaron 68 km de longitud y se revistieron tanto con concreto armado como con concreto simple, concluyéndose las obras en el año de 1975, solucionando por fin un ancestral problema de nuestra capital.

La construcción de túneles a grandes profundidades presenta grandes ventajas ya que no son afectados por los hundimientos regionales, además de que son resistentes a sismos y no requieren de la instalación de plantas de bombeo en su trayecto, sin embargo la capacidad de desalojo de aguas residuales y pluviales aún no es suficiente ya que la población sigue en crecimiento de ahí que se requiera seguir explotando los mantos acuíferos y que se continúe con los problemas de hundimientos, por otro lado se requiere dar mantenimiento y reparación a los sistemas de drenaje existentes, todos estos factores apuntan hacia la construcción de nuevas obras de drenaje que permitan el desalojo de agua fuera de la cuenca, razón por la cual se ejecutan proyectos de gran importancia como es el Túnel Emisor Oriente que permitirá contar con una salida complementaria y alterna al Emisor Central (principal salida de agua residual y pluvial), que abatirá el riesgo de inundaciones en la Ciudad de



México y su zona conurbada, en temporada de lluvias, funcionará de manera simultánea con el actual drenaje profundo y, en época de secas, lo hará alternadamente para facilitar su mantenimiento.

## SISTEMAS DE ALCANTARILLADO EN EL VALLE MÉXICO

Durante mucho tiempo los habitantes del valle de México han padecido la terrible problemática que representan las inundaciones en esta zona, esta problemática se ha presentado desde hace varios siglos y se ha mantenido hasta nuestros días e incluso complicándose aún más debido al crecimiento incontrolable de la población teniendo como consecuencia la sobreexplotación de los mantos acuíferos y con esto la pérdida de pendiente de algunas obras importantes para el desalaje de aguas residuales y pluviales como es el caso del Gran Canal por mencionar un ejemplo, es así como la conjunción de situaciones han presentado retos a vencer en cuanto a la construcción de obras que permitan el desalaje del agua residual y pluvial fuera de la cuenca.

Desde el punto de vista geohidrológico, la cuenca del Valle de México es una gran olla cuyas paredes y fondo impermeable están constituidas por rocas volcánicas, rellena de sedimentos fluviales, lacustres y volcánicos que van desde arenas gruesas hasta arcillas compresibles con altos contenidos de agua.

Es dentro de ese marco geológico e hidrológico cómo funciona el sistema de drenaje del Valle de México, el sistema de drenaje del valle de México es del tipo combinado por lo que circulan por el tanto agua residual como pluvial, es un sistema complejo, construido sobre una zona lacustre, característica que dificulta la expulsión del agua fuera de la cuenca, como se detallará más adelante.

Los habitantes del Valle de México se enfrentaron con la dificultad de habitar en una cuenca cerrada, lo que dificultaba la evacuación del agua, para lo que



se idea la construcción de los primeros drenes o salidas artificiales los cuales se diseñaron para trabajar por gravedad, sin embargo debido a las características del terreno donde se desplantaron presentaron grandes problemas como el hundimiento de dichas estructuras que impidieron el cumplimiento de su función, en la actualidad el crecimiento demográfico y urbano, tiene consecuencia la sobreexplotación de los mantos acuíferos mismos que ya no son recargados debido a la pavimentación de las calles y avenidas, aunado al peso de las estructuras que conforman la mancha urbana, provocándose de esta manera el problema de los hundimientos regionales y diferenciales que afectaron de manera muy significativa la capacidad de desalojo de agua volviéndose insuficientes para expulsar los volúmenes de agua residual generados fuera de la cuenca, por lo cual se tuvo la necesidad de construir plantas de bombeo para elevar el agua a los drenes del valle.

El desagüe fuera de la cuenca del valle de México, en general se realiza por cuatro salidas artificiales, conformadas por las estructuras hidráulicas que a continuación se enumeran:

1. Tajo de Nochistongo
2. Gran Canal del desagüe
3. Emisor del Poniente
4. Emisor Central y sistemas de interceptores (drenaje profundo).

	1975	2006
Obra	Capacidad m <sup>3</sup> /s	Capacidad m <sup>3</sup> /s
Gran Canal	80	15
Emisor del Poniente	30	30
Emisor Central	170	120
<b>Total</b>	<b>280</b>	<b>165</b>

**Tabla 1.1 Características de las principales estructuras para el desalojo de agua residual y pluvial**

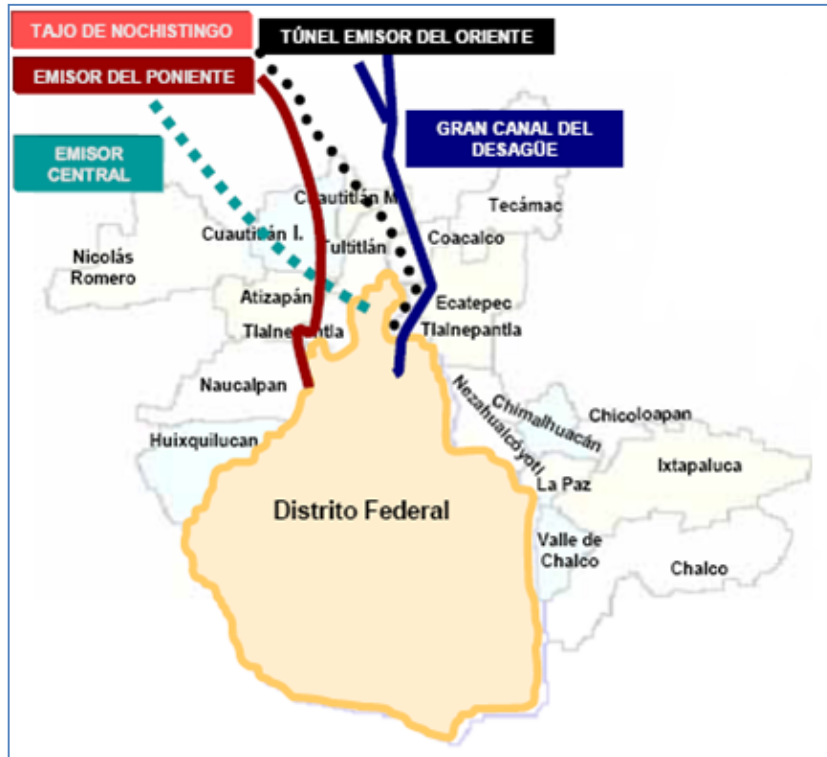


Fig. 1.2.1 Estructuras que componen el drenaje del Valle de México



Fig. 1.2.2 Localización salidas artificiales de la cuenca del Valle de México



## **1.- Tajo de Nochistongo**

Es uno de los primeros antecedentes que existen en cuanto a la evacuación de agua pluvial de la cuenca, es la primera salida artificial, se construye para desalojar las excedencias provocadas durante la época de lluvias en el valle de México, que afectaban de manera indirecta en las elevaciones del lago de Texcoco provocando inundaciones en la capital de la Nueva España.

Las intensas precipitaciones que se presentaban en el Valle de México eran captadas por la cuenca del Río Cuautitlán, producía escurrimientos caudalosos a los lagos del norte, los cuales por estar interconectados al sistema de lagos conformados por los lagos: Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco provocaron se incrementara el nivel en el lago de Texcoco aunado a los asentamientos poblacionales en las orillas del lago que les restaban superficie, provocando de esta manera inundaciones en la capital novohispana con terribles consecuencias que tenían duraciones de meses y en ocasiones hasta de años.

Una vez detectada la problemática se encarga al ingeniero Enrico Martínez, los estudios y la ejecución de las obras que consistían en la construcción de un túnel en la zona de Nochistongo, así como el canal de Huehuetoca, al noroeste del Valle de México, se pretendía drenar el lago de Zumpango, e interceptar el río Cuautitlán para dirigir sus aguas hacia el río tula y reducir así el caudal que alimentaba el lago que rodeaba la ciudad de México, Sin embargo el túnel falla por falta de revestimiento en la galería y sufre derrumbes que lo hacen inoperante, finalmente se decide sustituirlo por un tajo o zanja el cual queda terminado muchos años después debido a numerosas dificultades que presento como derrumbes e inundaciones.





Fig. 1.2.3 Trazo Canal de Huehuetoca



Fig. 1.2.4 Túnel y Tajo de Nochistongo

En la actualidad es hacia el tajo de Nochistongo por donde desaloja el interceptor poniente.



## **2.- El Gran Canal del Desagüe.**

Entre 1803 y 1804 Alejandro de Humboldt, un geógrafo, naturalista y explorador prusiano tras analizar la propuesta de Enrico Martínez concluye que se debe completar ese plan para drenar el valle por medio de un gran canal de desagüe.

Hacia 1856 las inundaciones eran cada vez más alarmantes, en algunas zonas su nivel alcanzaba hasta tres metros de altura, a principios de ese año el ministro de Fomento, Ingeniero Manuel Siliceo abrió un concurso para el proyecto de las obras del desagüe, ofreciéndose un premio de doce mil pesos oro al vencedor.

El mejor proyecto y más completo fue el presentado por el ingeniero Francisco de Garay, que comprendía la construcción del Gran Canal del Desagüe, pero no por el rumbo de Nochistongo, sino que éste terminaría en Tequixquiac; las obras comprenderían un tajo, un túnel y un canal, además se harían tres canales secundarios, el del Sur, el de Oriente y el de Occidente.

En 1865, Garay fue nombrado Director General del Desagüe del Valle de México. Pronto se abocó a iniciar una tarea larga y costosa, en la que participarían numerosas brigadas de trabajadores, así como técnicos y especialistas mexicanos.

Fue así como en 1900 comienza a operar el gran canal, se requirió de un esfuerzo colosal, sin embargo de ninguna manera se había logrado una solución total.

Finalmente, las obras del Gran Canal quedaron conformadas por un canal de sección trapecial y dos túneles para el desalojo de los escurrimientos de agua fuera de la Cuenca del Valle de México.

Sus características más relevantes son:





- a) Canal de sección trapezoidal a cielo abierto que va de San Lázaro, D. F., a la población de Tequixquiac, Estado de México.
- b) Cuenta con una longitud total de 47 kilómetros.
- c) El primer túnel comienza a funcionar en 1900.
- d) El segundo túnel inicia operaciones en 1950.

Cabe resaltar que estas obras siguen operando a pesar del transcurso del tiempo y problemas que el suelo ha presentado aunque con ayuda, como la construcción de plantas de bombeo permitiendo que se mantenga en operación.



**Fig. 1.2.5 Gran Canal del desagüe**



Fig. 1.2.6 Ubicación del Túnel de Tequixquiac

### 3.- El interceptor- Emisor del Poniente

Recibe los escurrimientos de las barrancas ubicadas en el sur poniente del Valle de México, previamente regulados en el Sistema de Presas del Poniente que consta de 36 presas reguladoras de las cuales 18 se encuentran en el D.F y 18 en el Estado de México, su función es la de controlar los ríos del Poniente, evitando que sus escurrimientos bajen al Valle, en donde se asienta la Ciudad y que descargue directamente al Lago de Texcoco.

El interceptor del poniente, se trata de un túnel de 4 m de diámetro y 16.5 km de longitud, inicia en la Ciudad Universitaria y descarga en la Planta de Bombeo Río Hondo ubicada en el río del mismo nombre hacia el vaso regulador del Cristo donde nuevamente se regulan las avenidas y en las tormentas fuertes desfoga en el Emisor del Poniente, el que en su recorrido recibe las aguas de los Ríos Tlalnepantla, San Javier, Cuautitlán, Tepetzotlán y otros menos caudalosos, hasta llegar a la Derivadora Santo Tomás, donde nuevamente se pueden regular las avenidas en la Laguna de



Mediante la aplicación de este sistema se pretende evitar los problemas debidos a los hundimientos que sufría la ciudad, consecuencia del crecimiento incontrolado de la urbe, afectando la capacidad de evacuación del drenaje al perderse la pendiente del Gran Canal e incluso invertirse en algunos tramos, se observa por ejemplo que para el año 1910 el declive era de 19 cm/Km, para 1950 es de 12 cm/Km y nula para 1980 e invirtiéndose en los años posteriores, por lo que fue necesario bombear el agua para poder evacuarla, elevando así los costos de operación y mantenimiento.

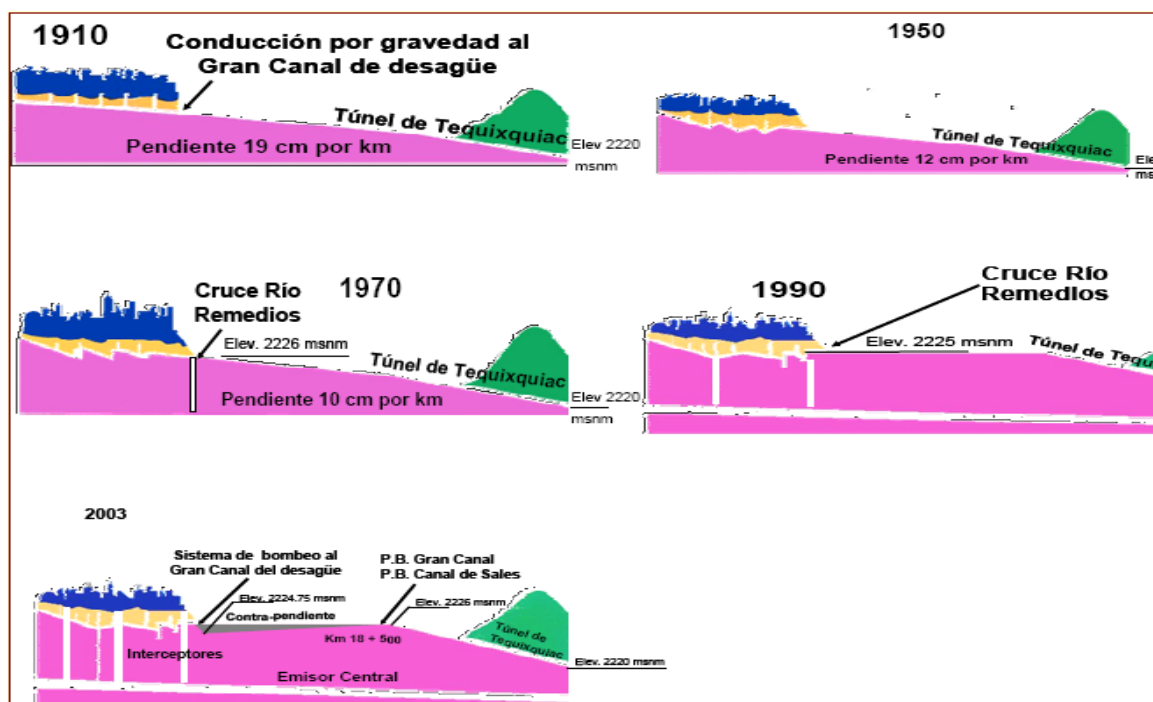


Fig. 1.2.8 Hundimientos de la ciudad de México

Con la construcción y puesta en marcha del drenaje profundo se cumplen satisfactoriamente los objetivos planteados para este sistema ya que se brindan a sus usuarios mejor calidad de vida; evitando problemas de salud así como riesgos en brotes de enfermedades que pudieran convertirse eventualmente en epidemias, además representa un ahorro económico a nivel gobierno ya que se evita por muchos años la construcción de plantas de bombeo.



Beneficia a los habitantes de la ciudad de México, en las partes bajas de la ciudad y su área metropolitana, además de una parte del estado de Hidalgo la cual se beneficia con mayor cantidad de agua utilizada para el riego.

Sin la existencia de este sistema de drenaje resulta difícil imaginar la subsistencia de la ciudad de México y su área metropolitana ya que resultaría complicado desalojar la cantidad de agua producto de sus industrias, comercios y población en general, las cuales resultarían insuficientes en capacidad para mantener drenada esta zona por medio de las salidas antiguamente construidas.

El gobierno federal, el entonces Departamento del Distrito Federal (DDF), a través de la Dirección General de Obras Hidráulicas (DGOH) realizaron investigaciones pertinentes, y proyectaron diversas estructuras de esta obra y que tuvo a cargo la inversión para la construcción de este sistema con recursos propios desde su inicio en 1967 y hasta su culminación con obras complementarias.

En 1967, al iniciarse la primera etapa del proyecto (Emisor Central) y durante toda la construcción de esta etapa se utiliza la técnica convencional empleada por la minería, sin embargo para la construcción de los interceptores se aplican nuevas técnicas como la excavación a base de un escudo de aire comprimido por medio del cual se pretendía estabilizar el frente de excavación sin embargo no dio buenos resultados ya que se tenía un rendimiento bajo que oscilaba de entre 4 a 6 m por día, además de provocar daños a los obreros debidos a los cambios de presión.

Esto orillo a la realización de estudios que permitieran un mejor diseño para el escudo en la excavación de los túneles, dando como resultado el escudo de frente presurizado en 1978, este escudo estabilizaba el frente de excavación por medio de lodo bentonítico, además es capaz de perforar con rapidez el suelo de la ciudad dando rendimientos de 12 a 25 m diarios, evitando además riesgos a la salud de los trabajadores por descompensación.





El sistema de drenaje profundo se componía principalmente de tres partes en su primera etapa, planeadas originalmente por las autoridades de la Dirección General de Obras Hidráulicas (DGOH) del D.D.F. para completar el desagüe del valle de México y que evacuara solamente agua de lluvia, conformada por las siguientes obras:

1. Interceptor central.
2. Interceptor de Oriente.
3. Emisor central.

Estos sistemas trabajan por gravedad y son resistentes a sismos, la primera etapa del Drenaje Profundo entró en operación en 1975, sumando 68 km de túneles y 33 lumbreras, el diámetro interior de los Interceptores es de 5 m, con una capacidad máxima de conducción es de 90 m<sup>3</sup>/s, con una profundidad que varía entre los 30 a 50 m. ambos atraviesan la ciudad en dirección sur-norte.

El Emisor Central tiene un diámetro interior de 6.50 m, su capacidad máxima de conducción es de 220 m<sup>3</sup>/s, su profundidad mínima es de 50 m y la máxima de 217 m escurre en dirección sur-noroeste. En la segunda etapa se continuó con la prolongación de los Interceptores Central y Oriente así como con la construcción de los siguientes Interceptores: Centro-Poniente, Centro-Centro, Oriente-Sur, Obrero Mundial, Semiprofundo Iztapalapa, Canal de Chalco-Canal Nacional.

La finalidad fue de integrar a este sistema de interceptores los colectores existentes en zonas que presentaban riesgos graves de inundación, cabe mencionar, que el total de túneles construidos en esta segunda etapa fue de 98 km, para alcanzar un total de 166 km y para el año 2007 con la terminación del Interceptor Oriente-Oriente de L-1 a L-3, con captación de la Laguna de regulación el Salado que beneficia principalmente la delegación Iztapalapa y a parte de la zona oriente del Estado de México.

Finalmente se cuenta con una longitud total de 173.7 km, como se menciono anteriormente, inicia a operar en su primera etapa en el año de 1975, creciendo a partir de ese año hacia aguas arriba.

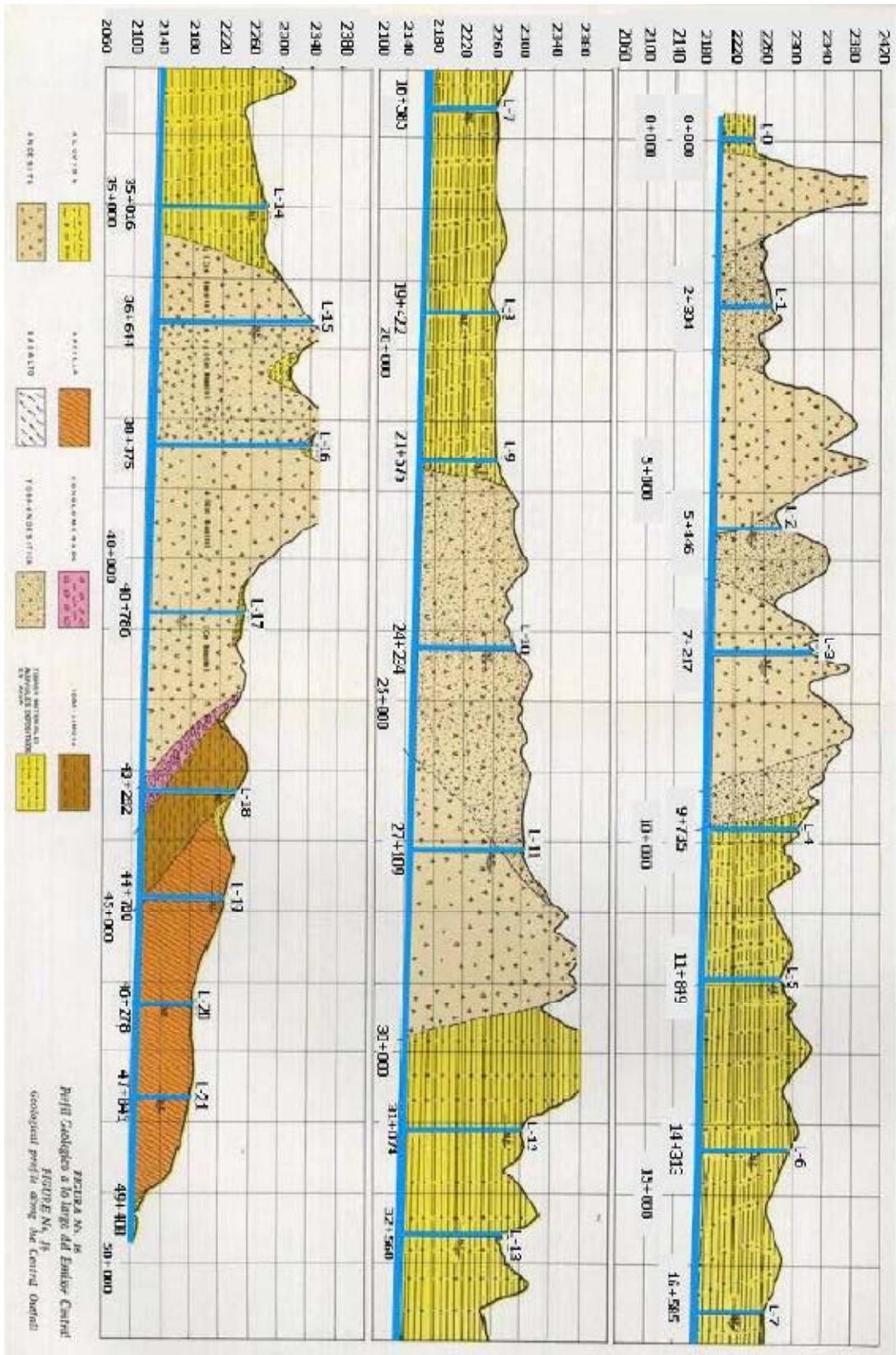


FIG. 1.2.9 Estratigrafía del Emisor Central

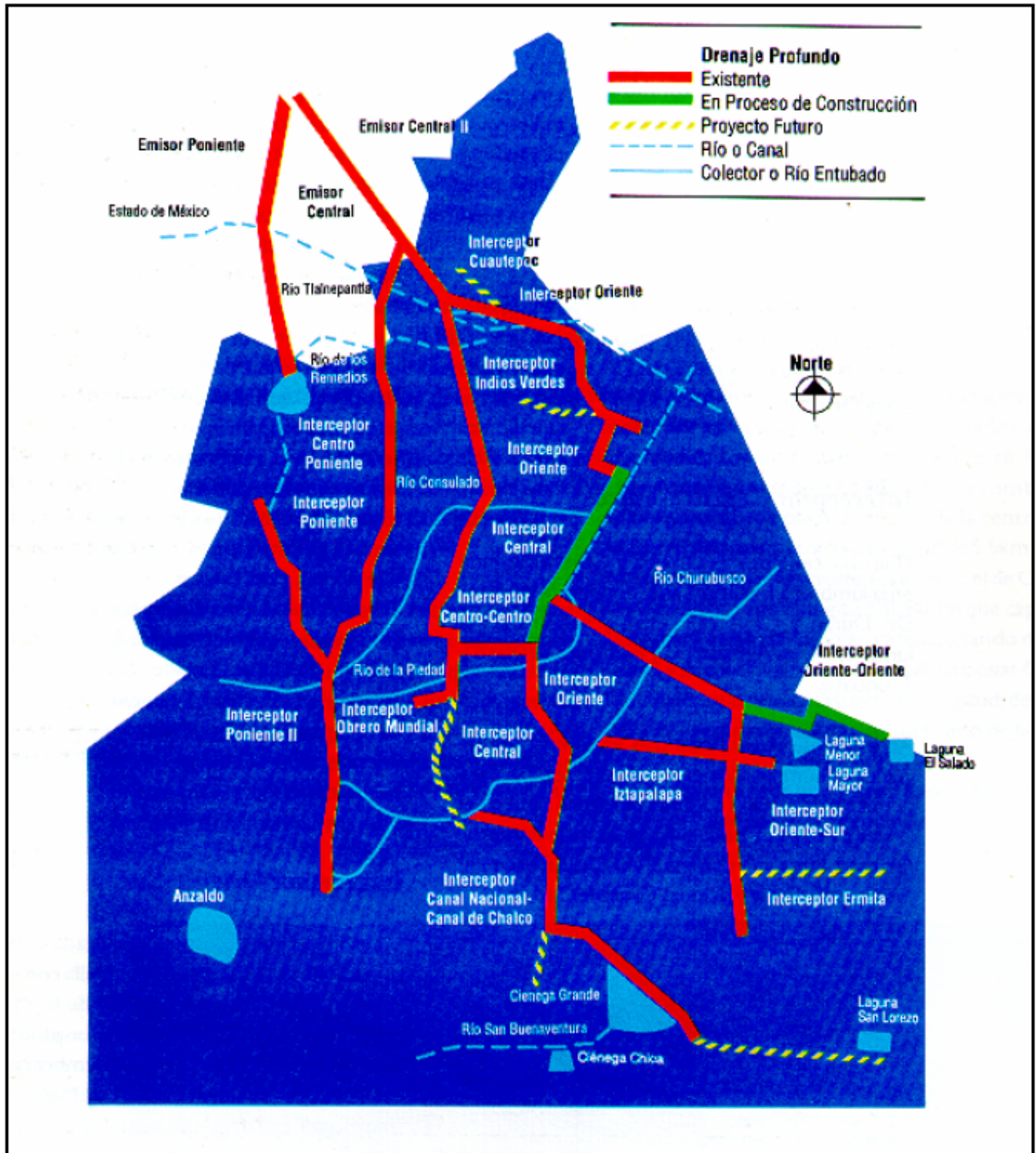


En la tabla 1.1 se muestra un resumen de los componentes principales del drenaje profundo, así como sus características de Longitud (L), diámetro ( $\varphi$ ) y capacidad de desalojo (Q), mientras que la figura 1.2.10 indica el esquema general del Sistema de Drenaje Profundo.

<b>ESTRUCTURA</b>	<b>L (Km)</b>	<b><math>\varphi</math> (m)</b>	<b>Q (m3/s)</b>
<i>Emisor Central</i>	50.0	6.5	220
<i>Interceptor Central</i>	16.1	5.0	90
<i>Interceptor Centro – Centro</i>	3.7	5.0	90
<i>Interceptor Oriente</i>	22.2	5.0	85
<i>Interceptor Centro – Oriente</i>	16.0	4.0	40
<i>Interceptor del poniente</i>	16.5	4.0	25
<i>Interceptor Iztapalapa</i>	5.5	3.1	20
<i>Interceptor Obrero Mundial</i>	0.8	3.2	20
<i>Interceptor Oriente - Sur</i>	13.8	5.0	85
<i>Canal Nal. - Canal Chalco</i>	8.7	3.1	20
<i>Interceptor Centro – Poniente</i>	16.0	4.0	40
<i>Interceptor Oriente – Oriente</i>	3.4	5.0	90
<i>Interceptor Gran Canal</i>	1.01	3.10	90

**Tabla 1. Características del emisor central y los 12 interceptores que lo componen**





1.2.10 Esquema general del drenaje profundo.



## 1.2 LA IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO EN LA PREVENCIÓN DE INUNDACIONES

Las inundaciones se consideran como uno de los eventos naturales que más generan catástrofes humanas y que mayor número de víctimas producen en el mundo, además de producir pérdidas económicas considerables al presentarse en centros urbanos importantes, por lo tanto el fenómeno de las inundaciones tiene afectaciones importantes en el desarrollo tanto social como económico de la región. El agua es decisiva, si hay poca, la vida y la tierra se mueren, si hay demasiada, los efectos originados por ellas es devastador.

Técnicamente una inundación es la ocupación de agua en zonas generalmente libres de esta, ocasionada ya sea por el desbordamiento de ríos que sobrepasan sus niveles máximos habituales, que no pueden ser controlados por los vasos naturales o artificiales que la contienen, producidos por avalanchas causadas por tsunamis, o roturas de obras de protección como diques, túneles, tuberías, etc.



Fig. 1.3.1 Inundación en la ciudad de México

Por otro lado el alcantarillado es una obra de canalización o por medio de tuberías que asegura el desalojo de agua pluvial, residual (o como sistema combinado) producto del uso o la utilización para distintas actividades de una sociedad sin riesgo de



contaminación para la población que sirve. Consta de una serie de estructuras que por su complejidad se le considera como un sistema distinto al del agua potable cuando en realidad es complementario.



**Fig. 1.3.2 Creación de una parte del sistema de alcantarillado.**

En un principio la cuenca del valle de México drenaba por la cuenca del río Balsas hacia la vertiente del pacífico, antes de que la erupción volcánica que generó la sierra Chichinautzin, convirtiera la cuenca en endorreica, dando origen de esta manera a un gran lago, el cual al irse evaporando disminuye su extensión, dando origen a una cadena de lagos someros.

Debido a las características geomorfológicas del valle de México, desde la creación de Tenochtitlán, al centro del lago de Texcoco ha existido la problemática causada por las crecientes de los niveles en los lagos que la circundaban, afectando de esta manera la calidad de vida de sus habitantes, por lo cual fue necesario la planeación y ejecución de las obras de defensa ubicadas estratégicamente dentro de la cuenca contra las contrariedades que representaban el crecimiento de los niveles en este sistema de lagos, fue así como se puso a prueba el ingenio de aquellos pobladores que tuvieron a su cargo la convivencia con estas condiciones de vida, adaptándose a ella mediante la construcción de albarradones o diques que los mantenían a salvo de tales



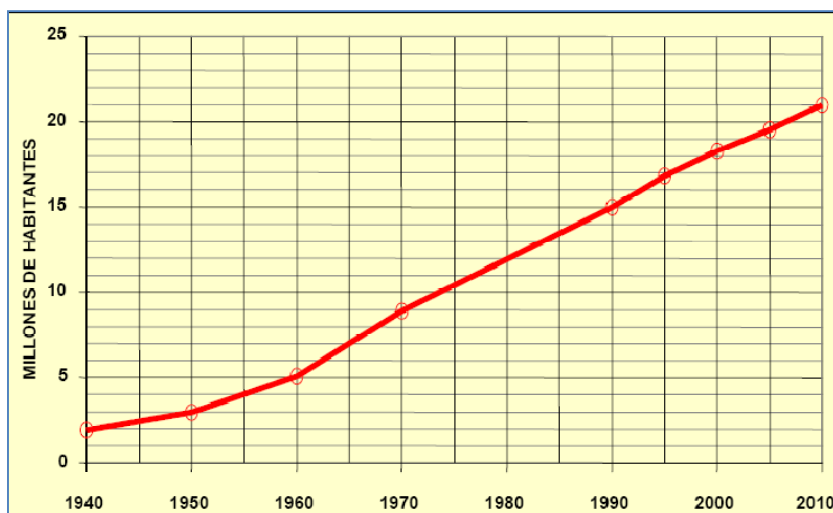
inundaciones, los cuales además les proporcionaban agua potable y vías de comunicación. Se puede mencionar por ejemplo el albarradon de Nezahualcóyotl el cual fungía como protección contra inundaciones a la vez que separaba el agua salobre del lago de Texcoco de las aguas dulces de los lagos de Xochimilco y Chalco y que ayudaba a contener los desbordes de los lagos vecinos sobre el Lago de Texcoco, siendo además antecedente de otras obras creadas posteriormente para los mismos fines como la construcción de bordos, canales, drenes y otras estructuras.

Sin embargo, fue durante la época colonial cuando se presentan los mayores casos de inundaciones debido a la destrucción que hicieron los conquistadores de las obras que los Aztecas habían creado para su resguardo ante la creciente en los niveles de los lagos debidas a las precipitaciones que se presentaban en el valle, aunado a esto la expansión de la población quienes ganaban de esta manera terreno al lago y agravando aún más el problema de las inundaciones.

El clima en el valle de México, que por su ubicación ha desempeñado desde siempre un papel fundamental en las terribles inundaciones que se han presentado en dicha zona, siendo afectado también por fenómenos meteorológicos tales como ciclones y huracanes que se presentan en ambos litorales; Golfo de México y Océano Pacífico ya que se tienen registrados datos donde se habla de precipitaciones promedio de 743 mm por año, presentándose principalmente entre los meses de mayo a octubre durante los cuales se precipitan el 80 % de la lluvia en un año, caracterizándose por su gran intensidad y corta duración, acumulándose además durante este periodo gran cantidad de azolve en el sistema, por lo que en época de estiaje es necesario llevar a cabo su limpieza para recuperar su capacidad de conducción y regulación, por otro lado la urbanización de la ciudad y su área metropolitana han llevando al limite la capacidad del drenaje, por un lado se han disminuido las áreas de infiltración de agua hacia el subsuelo, provocando un mayor escurrimiento superficial el cual combinado con la baja capacidad de desalojo del alcantarillado tiene como resultado el crecimiento de los niveles del agua y finalmente inundaciones.



La población del valle de México que pasa de 3.6 millones en 1950 a cerca de 20 millones de habitantes en la actualidad, y esperando una población de equilibrio de 25 millones de habitantes a mediados del siglo XXI, han presentado grandes problemas debido al crecimiento acelerado, como son hundimientos regionales y diferenciales y saturación del drenaje.



**Gráfico 1.3.3 Crecimiento de la población del valle de México.**

Actualmente la red de drenaje de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México recibe un promedio de 43 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales. Debido a los hundimientos experimentados en la región central del Valle de México por la sobre explotación de los acuíferos en estratos formados por arcillas compresibles, la capacidad hidráulica del sistema de desalojo de las aguas residuales, incluyendo las pluviales, se ha visto peligrosamente reducida en los últimos años y ha motivado una creciente dependencia en plantas de bombeo para poder elevar las aguas a los drenes del Valle.

Es a partir de estas problemáticas como surge la necesidad de contar con un sistema de drenaje que permita drenar la cuenca del valle de México, abrirla para permitir el desalojo de las aguas pluviales y residuales con el fin de poner remedio a las frecuentes inundaciones que ocurrían desde los aztecas hasta épocas más recientes, las cuales provocan grandes daños tanto económicos como de la salud.



Se utilizaron diversas estructuras desde aquellas épocas y hasta nuestros días para el desalojo de agua desde canales, tajos, túneles, drenes, plantas de bombeo, etc.

Sin embargo en la época moderna ya no solo es el problema del desborde por el exceso en los niveles de los lagos debido a la precipitación en la cuenca, sino que se ha agravado a consecuencia del crecimiento desmedido de la mancha urbana, provocándose una demanda mayor de agua potable (y por ende mayor demanda en el servicio de drenaje sobrepasando de esta manera la capacidad de desalojo del desagüe de aquel entonces) misma que se extraía del subsuelo lo cual provocaba que el suelo arcilloso se compactara afectando de esta manera el comportamiento de las obras de desagüe las cuales fueron diseñadas para trabajar por gravedad, mismas que sufrieron paulatinamente perdidas en su pendiente hasta llegar al momento en que la pendiente era totalmente en su contra permitiendo de esta manera que el agua que tenía que ser evacuada se regresara debido a esta contra pendiente.

La prevención de inundaciones y disposición de aguas residuales han sido un problema que atañe tanto a autoridades como pobladores del valle de México, las condiciones de operación de la red de desalojo de las aguas residuales deben ser las óptimas para que cumplan con su función de forma adecuada de igual forma deben cumplir con las condiciones sanitarias y ambientales que aseguren no afectaran las condiciones actuales de los lugares de disposición final.

La importancia de los sistemas de alcantarillado radica en la posibilidad de evacuar los excedentes de agua a través de una conducción de tal manera que no afecte a las poblaciones a las que sirve, brindando por otro lado beneficios a poblaciones que padecen el escaseo de este recurso, sin embargo tal idea se ve desvanecida al contar con sistemas combinados como es el caso de México por el cual se hace más caro y difícil dar tratamiento a tal volumen de agua por lo cual muchas veces no se realiza, desalojando aguas totalmente contaminadas y que lejos de ayudar perjudican el medio ambiente y lo único que hacen es alejar el problema de las ciudades e incrementarlos en otros lugares.



A este respecto los gobiernos del Distrito Federal, el Estado de México y la Federación, a través de la Comisión Nacional del Agua, actuando en forma conjunta, tienen ya en marcha un programa integral de drenaje y saneamiento, que en pocos años permitirá contar con un sistema que, preservando los grandes beneficios que se derivan del riego agrícola, controle y prevenga los problemas ambientales y sanitarios. A este respecto los Gobiernos del Estado de México y el Distrito Federal constituyeron el Fideicomiso de Administración y Fuente de Pago No. 1928 en el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, con la participación de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, a través de la Comisión Nacional del Agua para llevar a cabo el Proyecto de Saneamiento del Valle de México (PSVM).

### **1.3 SISTEMAS ADICIONALES PARA EL DESALOJO DE AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES**

Al presentarse los problemas de hundimientos en el valle de México, y tenerse sistemas de drenaje que se diseñaron para trabajar por gravedad, surge la necesidad de incorporar otros sistemas que ayuden a la evacuación de los volúmenes de agua necesarios, al verse los anteriores rebasados por la demanda que hace la población de estos servicios, es así como surge la necesidad de construcción de plantas de bombeo aunque presentan la desventaja de que incrementan los costos de operación del sistema de drenaje sin embargo es la única alternativa para desalojar los volúmenes generados de agua residual y pluvial al verse afectadas las antiguas obras por las cuales se desalojaban estas aguas, se debe considerar además que su vida útil ya ha sido superada.

Se presenta el caso de La primera de ellas, la Planta de Bombeo Gran Canal, ubicada en el kilómetro 18+500 del Gran Canal del Desagüe, en el Municipio de Ecatepec, Estado de México, con capacidad instalada de 42 m<sup>3</sup>/s.





El Gran Canal del Desagüe llegó a tener una capacidad máxima de 90 m<sup>3</sup>/s; sin embargo, debido al hundimiento de la Ciudad, como consecuencia de la extracción de agua (hundimiento de casi 9 metros en su parte central durante el siglo pasado), el Gran Canal se encuentra 4 m arriba del nivel medio de la Ciudad y ha perdido su pendiente original en sus primeros 18 km, en el tramo que corre por la zona urbana del Área Metropolitana. En septiembre del 2002 tenía una capacidad de conducción inferior a 7 m<sup>3</sup>/s, complicando la operación de los sistemas de drenaje y desagüe de la Ciudad, colocando a ésta en riesgo creciente de inundación. Con la construcción de la Planta de Bombeo Gran Canal, se ha aumentado la capacidad de desalojo del Gran Canal del Desagüe, de 7 a 42 m<sup>3</sup>/s, recuperando parcialmente la capacidad disminuida por la pérdida de pendiente de este conducto, siendo ésta la primera de una serie de Plantas a construirse en forma escalonada. El presupuesto original de la obra fue de 250 millones de pesos, con un costo final de 230 millones de pesos. Cabe destacar que se construyó adicionalmente la planta de bombeo Río Hondo permite operar el Interceptor del Poniente de manera efectiva, con una capacidad instalada 24 m<sup>3</sup>/s.

**Planta de Bombeo Gran Canal km 18 + 500**

Características principales

Capacidad total instalada	42 m <sup>3</sup> /s
Número de equipos de bombeo sumergibles	14, de 3 m <sup>3</sup> /s cada uno
Potencia de motores	14 x 400 = 5,600 HP
Equipo para emergencias con generación propia de energía eléctrica	5,000 kw en 4,160 volts de CA
Sistema automático de rejillas, para desazolve	1
Aumento en la capacidad de desalojo de agua en el Gran Canal, de 7 m <sup>3</sup> /s a 42 m <sup>3</sup> /s	600%
Carga dinámica	7.40 m
Carga máxima	8.20 m
Carga mínima	2.00 m
Presupuesto original de la obra	\$250'000,000.00
Costo final de la obra	\$230'000,000.00
Fecha de inicio de construcción	30 de mayo del 2001
Fecha de término de la obra	13 de agosto del 2002

**Tabla 1.3.4 Características de las plantas de bombeo para desalojo de aguas negras.**



Aunado a la construcción de plantas de bombeo se requiere llevar a cabo un permanente programas de desazolve de presas, lagunas de regulación, ríos y de las redes de drenaje ya que de esta manera se asegura una mayor eficiencia en el desalojo de estas aguas, evitando la acumulación de las mismas provocando finalmente el grave problema de las inundaciones y con ello las consecuencias sociales que de ello se derivan, se trata pues de mantener las condiciones operativas adecuadas de las redes de drenaje y obras de protección principalmente en época de lluvias .

Una técnica que se aplica para controlar los niveles de crecimiento del agua pluvial y que permite además la recarga de los mantos acuíferos son los llamados Pozos de absorción, los cuales consisten en excavaciones a profundidades variables por donde el agua se infiltra por paredes y piso los cuales deberán ser permeables, sin embargo se debe cuidar que el agua sea de origen pluvial o que se le allá dado tratamiento previo de tal manera que se asegure una calidad adecuada del agua, que no contamine el terreno ni los mantos a los que recargara.

Otra técnica aplicada es por medio de las lagunas de infiltración, que representan la manera más eficaz para recargar los acuíferos con aguas tratadas.

Esta técnica, aprovecha la capacidad de los suelos y las formaciones geológicas para tratar y filtrar el agua, está siendo utilizada con éxito en varios continentes.

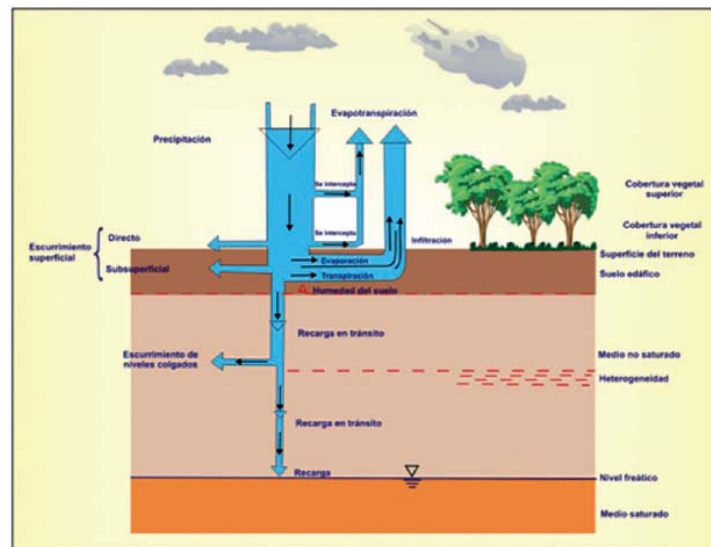


Fig 1.3.5 Pozo de absorción

Otra forma auxiliar que se tiene para el control de inundaciones y posterior desalojo de agua pluvial es por medio de las presas de regulación que son estructuras que regulan los excedentes de las corrientes naturales como son ríos, arroyos y/o barrancas.

La importancia del mantenimiento en el sistema de drenaje así como de las obras auxiliares, radica en mantener en óptimas condiciones las vías de desalojo de agua fuera de la cuenca, y que operen de manera conjunta de tal forma que se tenga bajo control los niveles excedentes de agua evitando de esta manera los problemas que representan las inundaciones.