



Ciudad subacuática

Un monumental drenaje se está construyendo para evitar que la capital no desaparezca bajo el agua.

La Roma, la Obrera, el Centro, Nezahualcóyotl y el aeropuerto quedarían bajo las aguas.



Continúa en siguiente hoja

CIUDAD BAJO LAS AGUAS

La amenaza de una gran inundación pesa sobre el Valle de México. El remedio es un túnel kilométrico que costará 13 mil millones de pesos, atravesará varios estados y estará listo para el 2012.

Por Leonardo Peralta

En el verano de 2010, la Zona Metropolitana del Valle de México, con sus más de 20 millones de habitantes, padecía los problemas habituales de cada temporada de lluvias: encharcamientos e inundaciones pasajeras en el oriente de la gran urbe. Nadie se sorprendió cuando los restos del huracán Bonnie, uno de los primeros de la temporada, se estrellaron contra el altiplano mexicano el viernes 25 de junio, anegando la metrópoli tras más de 24 horas de continuo chubasco.

Desde tiempos de la Colonia, un complejo mecanismo de túneles y canales, compuesto por el Tajo de Nochistongo, el Gran Canal del Desagüe y el Emisor Central, conocido popularmente como Drenaje Profundo, había sacado el agua hacia el río El Salto, en las afueras del Valle de México. Pero lo que

sólo sabían ingenieros del Sistema de Aguas de la Ciudad de México y de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) era que este sistema se encontraba en un estado de gran fragilidad, debido al hundimiento causado por la extracción masiva de agua de los pozos del Distrito Federal, además de que el Gran

Canal había perdido su capacidad y requería un sistema de cuatro enormes plantas de bombeo para mover el líquido. Por otro lado,

desde 1992, el Emisor Central, diseñado sólo para drenar el agua en tiempo de lluvias, se utilizaba permanentemente como canal de aguas negras, sometiéndolo a un proceso continuo de corrosión y desgaste. Un par de años antes se había logrado detener el

deterioro con algunas obras, pero la cantidad de agua que cayó ese día de junio llenó en pocas horas los cinco metros de diámetro del Emisor Central. Durante la noche, una serie de apagones y sobrecargas en la red eléctrica de la Ciudad de México pusieron fuera de servicio el sistema de bombeo del

Gran Canal, forzando el desvío de más agua hacia el Emisor Central.

Debido a la enorme presión ejercida por el agua en las

paredes del debilitado túnel, a las cinco de la madrugada del sábado 26 de junio, varias secciones se derrumbaron, sin la posibilidad de desalojar los 315 metros cúbicos por segundo que la ciudad requiere para mantenerse seca (315 mil litros o 286 tinacos de mil

El drenaje del Valle de México opera hoy con un déficit del 40%.

100 litros). En cuestión de horas, el paisaje de devastación que vieron aztecas y españoles en 1629, y que casi extinguió a la población capitalina, fue nuevamente invocado: Desde la colonia Roma hasta Nezahualcóyotl,

Continúa en siguiente hoja

Fecha 26.03.2009	Sección Revista	Página 1-62-68
-----------------------------------	----------------------------------	---------------------------------

de la Colonia Obrera hasta Ciudad Azteca, el Centro Histórico, el aeropuerto, todo quedó cubierto por varios metros de aguas negras mezcladas con agua de lluvia.

Y aunque el mediodía del sábado 26 de junio de 2010 fue soleado, la capital vivía una tragedia. Miles de personas ahogadas, millones de habitantes evacuados, los tesoros culturales destruidos, los túneles del Metro inundados, la comunicación aérea anulada y las principales vías de tránsito cortadas, trazaban el sombrío panorama que analizaba esa tarde el Gobierno del Distrito Federal y el Gobierno Federal, que en reunión de emergencia planeaban evacuar la capital y retenerla en otro sitio.

Este escenario que parece de ciencia ficción podría ser real, de acuerdo con el análisis del sistema de desagüe de la Ciudad de México, realizado por instituciones como la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y el Instituto de Ingeniería de la UNAM. El camino para evitarlo es una obra hidráulica considerada como la más grande del mundo en los últimos años por sus dimensiones y la tecnología que requiere.

Aquí nos tocó vivir

Ubicada en lo que los geólogos denominan una formación hidrológica cerrada, la cuenca de México es un enorme tazón de una extensión aproximada de nueve mil 600 kilómetros cuadrados, en cuyo lecho se encuentra un sistema de cinco lagos (Texcoco, Zumpango, Xaltocan, Xochimilco y Chalco) nutridos por más de 25 ríos, originados en las faldas de los cerros que lo bordean.

La concentración de las lluvias en verano hizo que desde tiempos de los aztecas se construyeran obras para regular el flujo del agua. Ya en 1449 se hizo el primer dique, conocido como Albaradón de Nezahualcóyotl, que prevenía la crecida del Río Cuautitlán.

Pero una de las primeras acciones de Hernán Cortés durante la Conquista fue destruir parte del Albaradón para dejar pasar sus bergantines y cortar el paso de las tropas aztecas, que lo usaban como calzada. Sin una idea clara del mecanismo de llenado de las diversas lagunas que rodeaban la ciudad, se dejó deteriorar los diques aztecas y en 1555 ocurrió la primera inundación grave de la ciudad colonial, que obligó a la construcción de un dique protector del casco urbano, llamado Albaradón de San Lázaro.

Sucesivas inundaciones hicieron que el gobierno de la ciudad buscara soluciones más radicales. Ese mismo año, un par de

ingenieros, Ruy González y Francisco Gudiel, presentaron un proyecto para construir un canal que desviara el Río Cuautitlán hacia el Río Tepeji, y de allí al Río Tula. Los enormes costos de la obra (los primeros presupuestos rondaban los 20 mil pesos oro, cuando el botín de la Conquista de Tenochtitlán había sido de 130 mil pesos oro) hicieron que la decisión se retrasara hasta 1607, cuando se aprobó el proyecto de un cosmógrafo de origen presumiblemente alemán llamado Enrico Martínez, y que constaba de un canal entre la zona de Nochistongo y el río El Salto, en lo que hoy es Hidalgo, a un costo estimado de 304 mil pesos oro y una distancia de 14 mil 850 varas (12.4 kilómetros).

Esta obra sería una de las más grandes de la ingeniería colonial, además de fuente de pleitos, quejas con el Rey, auditorías, refinanciamientos (su costo fue recalculado en cinco ocasiones), impuestos (para pagarla se gravó sucesivamente el vino que entraba por Veracruz) e incluso una tragedia masiva, pues en 1621 el virrey Conde de Gelves ordenó tapar el tajo, lo que conduciría, ocho años más tarde, a la inundación más grave de la historia de la Ciudad de México: duró varios años, cobró 50 mil vidas y dejó una población de apenas 400 habitantes.

El Tajo de Nochistongo fue terminado en 1767 con un costo de 5.6 millones de pesos oro y la participación de más de medio millón de indígenas provenientes de todo el centro del virreinato. Este sistema fue la única vía de desagüe hasta que, entre 1888 y 1903, el gobierno de Porfirio Díaz, con la ayuda de consorcios británicos y un desembolso de 13 millones de pesos, creó el sistema Gran Canal-Túnel de Tequixquiac, que habría de dar salida al cauce de los ríos que circundaban la ciudad y a las aguas negras genera-

En su lado oriente, la ciudad se hunde hasta 40 cm al año.

das que tradicionalmente solían estancarse porque no había sistema de alcantarillado.

La Revolución y las penurias económicas del país retrasaron las obras de desagüe hasta 1959, en que se reiniciaron las grandes obras hidráulicas: la red de túneles emisores e interceptores que capturan las aguas de los ríos circundantes y las llevan hacia el Gran Canal, así como el Drenaje Profundo, un túnel construido

Fecha 26.03.2009	Sección Revista	Página 1-62-68
----------------------------	---------------------------	--------------------------

entre 1967 y 1975 y que hasta hoy constituye el eje del sistema de desalojo, al pasar por ahí dos tercios de las aguas residuales.

Pese a todos estos esfuerzos, la capital sigue viviendo al borde del colapso.

Solución de emergencia

Desde el último piso del edificio de la Conagua se observa el paisaje de edificios y casas que llenan el Valle de México. Allí, José Luis Luege, su director general, hace números y trazos a lápiz para mostrar la complicada situación del drenaje ciudadano: "El agua que consumimos en la Ciudad de México proviene en un 80% de la extracción local de agua. Debido a la extracción, las arcillas debajo del suelo de la ciudad pierden volumen, hundiendo el suelo".

Al otro lado, en el centro de la Ciudad de México, Ramón Aguirre, director general del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), complementa: "En Ciudad Universitaria no hay hundimiento, mientras que en la zona oriente, por donde está el Gran Canal, hay hundimientos hasta de 40 centímetros al año. Eso ha hecho que vías como el Gran Canal vayan perdiendo capacidad de desalojo conforme ese hundimiento se va acumulando".

De acuerdo con Luege, la situación crítica comenzó en 1992 cuando, debido al hundimiento del Gran Canal, "se presentó la idea terrible, pero inevitable, de usar el Emisor Central como vía de salida permanente para las aguas residuales". Esta decisión habría de cobrar un costo enorme a la estructura del túnel, según el funcionario de Conagua. "Hay corrosión del acero que da estructura al túnel, fugas, grietas por donde sale y entra agua... El emisor fue concebido para trabajar a medio ducto, pero cuando llueve, el agua ha subido por las lumbreras, generando una presión enorme". El director del SACM lo resume en pocas palabras: "El verdadero riesgo sería un colapso del Emisor Central".

Las consecuencias serían catastróficas. Luege señala: "Contratamos al Instituto de Ingeniería de la UNAM, que aplicó una serie de modelos y encontró que hoy en día el Vaso de Texcoco está casi dos metros arriba del centro de la ciudad, por lo que el vaso de llenado sería del centro de la ciudad hacia la delegación Venustiano Carranza y San Juan de Aragón, inundando parte del aeropuerto y gran parte del Centro Histórico, cargándose

hacia la delegación Gustavo A. Madero y el municipio de Ecatepec. El agua permanecería allí meses". Y para quienes piensen que esto es una exageración, el director del SACM advierte: "Tuvimos recientemente por lo menos seis ocasiones en que el sistema de drenaje trabajó a toda su capacidad".

Como en el virreinato, la solución se presenta costosa, enorme, pero urgente: una obra llamada Túnel Emisor Oriente (TEO), de 62 kilómetros de largo y siete de diámetro, que correrá de manera paralela al Gran Canal y será capaz de llevar hasta 150m³/s (150 mil litros o 136 tinacos de mil 100 litros por segundo). Se originará en la delegación Gustavo A. Madero, en el cruce del Gran Canal con el Río de los Remedios, atravesará por varios municipios del Estado de México (Ecatepec, entre las fronteras de Tecamac y Coacalco, Tonanitla y Tultitlán, Jaltenco y Melchor Ocampo, Teoloyucan y Coyotepec), pasando frente al Lago de Zumpango, para después internarse en Hidalgo y descargar en el río El Salto, que llevará las aguas hacia el Río Tula y de allí al Golfo de México.

Es el mismo camino que han seguido los desagües desde la época del Tajo de Nochistongo, hacia el norte, y a un costo aproximado de 13 mil millones de pesos, un poco más que el presupuesto del Instituto Federal Electoral en 2009, año de elecciones federales: 12 mil 181 millones de pesos.

Muchas manos a la obra

¿Cómo construir un túnel a una profundidad de 100 a 200 metros a lo largo de 62 kilómetros? La respuesta es sencilla: a toda velocidad y sin escatimar. Debido al riesgo de colapso del sistema de desagüe, Luege comenta: "A fines de 2007 teníamos la decisión acordada con el DF y el Estado de México; es una obra que se debe realizar con una consideración de urgente aplicación". A lo largo de 2008, las entidades involucradas (Conagua y los gobiernos locales) acordaron el mecanismo de financiamiento del TEO y la metodología de construcción.

Para apresurar la obra, Conagua decidió hacer las cosas distintas: en lugar de hacer una licitación (concurso entre varias empresas), la obra fue asignada directamente a la constructora mexicana ICA, que construyó

el Emisor Central y conoce el terreno por donde pasa el TEO. "Si esto se hubiera licitado, además de los tiempos de licitación, de aproximadamente un año, los estudios geológicos de las empresas ganadoras hubieran llevado quizá entre dos y tres años", dice Luege. Para acelerar aún más las cosas, la

Un ejército de 40 mil personas participarán en el nuevo proyecto.

obra será realizada en seis frentes de perforación, cada uno equipado con una tuneladora. Tres de ellas, fabricadas por la casa germana Herrenknecht, y las otras tres, hechas por la empresa estadounidense Robbins en China.

Estas máquinas, con una longitud de casi 100 metros y una potencia de más de dos mil 100 caballos, emplean una tecnología llamada Earth Pressure Balance (EPB) que, en un mismo movimiento, perfora, ensambla las paredes del túnel y se propulsa en el difícil subsuelo por el que pasarán, que de acuerdo con el doctor Ramón Domínguez, académico del Instituto de Ingeniería de la UNAM, incluye arcillas "que se comportan casi como fluidos" y rocas volcánicas.

Orientada por un sistema Global Positioning System (GPS) y mediante Internet, cada tuneladora se mueve, según explica el ingeniero José Miguel Guevara, Coordinador de Proyectos de Abastecimiento y Saneamiento de Agua del Valle de México en Conagua: "más o menos como una persona que camina pecho a tierra, apoyándose en un sistema de gatos hidráulicos que se apoyan en las paredes del túnel previamente construidas".

Además de un equipo de 30 personas que se encargará de manejar cada tuneladora, un ejército de 40 mil personas estará involucrado en el proyecto: desde los ingenieros responsables del trazo del túnel hasta las personas que crearán los caminos para llevar la maquinaria a los puntos de perforación. Un ejército que trabaja desde octubre pasado en forma incesante para crear la obra que promete alejar definitivamente

La megaconstrucción se asignó directamente a ICA, por experiencia.

vamente el riesgo de inundación en la ciudad y estar lista para 2012.

¿Será el Túnel Emisor Oriente la solución definitiva? Las autoridades, desde hace medio milenio, han luchado contra el agua sacándola del Valle, pero también se han percatado de que quizá el camino a largo plazo se encuentre en otro lado. La misma asociación de gobiernos que está trabajando en el TEO se encuentra preparando soluciones complementarias: en el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del

Valle de México se plantea la construcción de media docena de plantas de tratamiento de aguas residuales (cinco en el Estado de México y la más grande de América Latina en Atotonilco de Tula). La idea es mejorar la calidad del líquido que sale (usada como agua de riego en el estado de Hidalgo) y permitir la recarga de los acuíferos del Valle de México, con la intención de detener el hundimiento de la ciudad y de su infraestructura de desagüe.

Al menos durante los próximos tres años, mientras el TEO se construye, la infraestructura creada por nuestros antecesores, como el Gran Canal, seguirá operando. Después, señala Aguirre, director del SACM, "su operación quedaría como un sistema de emer-

gencia ante cualquier contingencia, pero dado que el desalojo por gravedad es prácticamente cero, sólo operaría por excepción".

Mientras todo esto sucede, el fantasma de Anáhuac, que en origen fue el nombre que usaron los aztecas para referirse a la región de lagos centrales que dio sitio a su capital, aguardará paciente cada temporada de lluvias para reclamar el lecho que siempre le perteneció. **Q**

Si te interesa

La cuenca de México, Fondo de Cultura Económica, México, 2006.



Como el escudo perforador abre paso, se van ensamblando el resto de sus partes.

FOTO: CORTESÍA CONAGUA

¿Qué es una lumbrera?



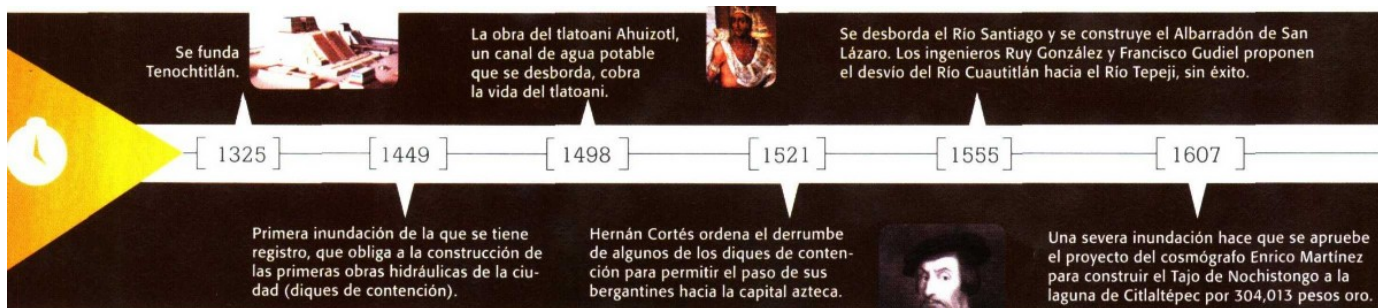
Por medios mecánicos se hace la entrada del túnel por donde pasará el escudo perforador.

- En cada uno de los frentes de construcción, también conocidos como frentes de ataque, se hace un agujero de aproximadamente 16 metros de diámetro y una profundidad hasta de 200 metros, llamado lumbrera.
- Una vez construida, se perfora con métodos tradicionales (martillos neumáticos, picos, palas, etcétera) la entrada del túnel horizontal de perforación, que tiene nueve metros de diámetro y varios metros de profundidad.
- A través de grúas desciende el escudo perforador de la máquina tuneladora junto con la unidad de potencia y se embona con la entrada del túnel.
- A medida que avanza, se ensambla el resto de la máquina, que mide casi 100 metros de longitud.



La empresa Herrenknecht proveerá tres escudos como este para construir el TEO.

FOTO: CORTESÍA CONAGUA



Se funda Tenochtitlán.

La obra del tlatoani Ahuizotl, un canal de agua potable que se desborda, cobra la vida del tlatoani.

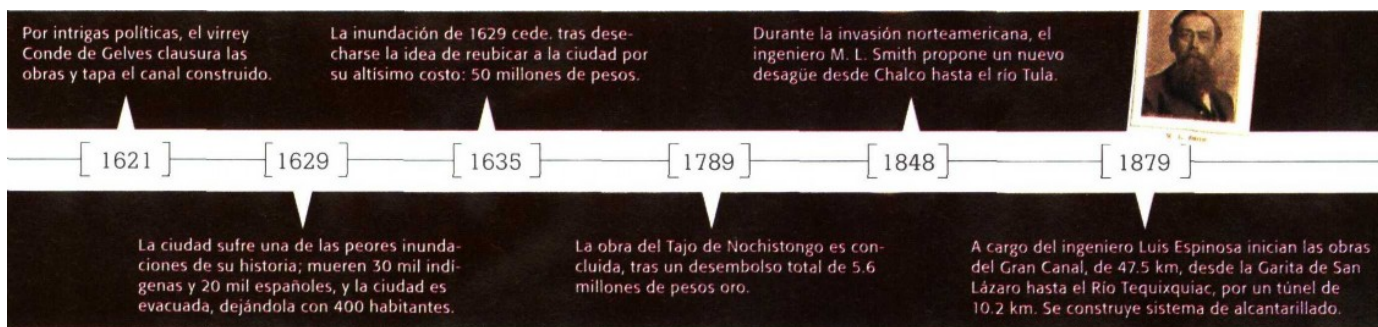
Se desborda el Río Santiago y se construye el Albarredón de San Lázaro. Los ingenieros Ruy González y Francisco Gudiel proponen el desvío del Río Cuautitlán hacia el Río Tepeji, sin éxito.

Primera inundación de la que se tiene registro, que obliga a la construcción de las primeras obras hidráulicas de la ciudad (diques de contención).

Hernán Cortés ordena el derrumbe de algunos de los diques de contención para permitir el paso de sus bergantines hacia la capital azteca.

Una severa inundación hace que se apruebe el proyecto del cosmógrafo Enrico Martínez para construir el Tajo de Nochistongo a la laguna de Citlaltépec por 304,013 pesos oro.

Quo | INGENIERÍA



Por intrigas políticas, el virrey Conde de Gelves clausura las obras y tapa el canal construido.

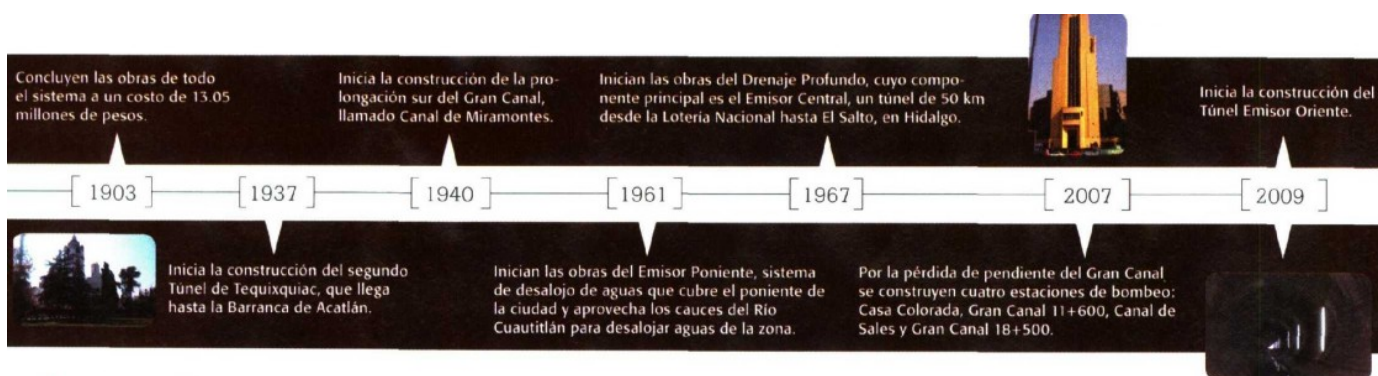
La inundación de 1629 cede, tras desecharse la idea de reubicar a la ciudad por su altísimo costo: 50 millones de pesos.

Durante la invasión norteamericana, el ingeniero M. L. Smith propone un nuevo desagüe desde Chalco hasta el río Tula.

La ciudad sufre una de las peores inundaciones de su historia; mueren 30 mil indígenas y 20 mil españoles, y la ciudad es evacuada, dejándola con 400 habitantes.

La obra del Tajo de Nochistongo es concluida, tras un desembolso total de 5.6 millones de pesos oro.

A cargo del ingeniero Luis Espinosa inician las obras del Gran Canal, de 47.5 km, desde la Garita de San Lázaro hasta el Río Tequixquiac, por un túnel de 10.2 km. Se construye sistema de alcantarillado.



Concluyen las obras de todo el sistema a un costo de 13.05 millones de pesos.

Inicia la construcción de la prolongación sur del Gran Canal, llamado Canal de Miramontes.

Inician las obras del Drenaje Profundo, cuyo componente principal es el Emisor Central, un túnel de 50 km desde la Lotería Nacional hasta El Salto, en Hidalgo.

Inicia la construcción del Túnel Emisor Oriente.

Inicia la construcción del segundo Túnel de Tequixquiac, que llega hasta la Barranca de Acatlán.

Inician las obras del Emisor Poniente, sistema de desalajo de aguas que cubre el poniente de la ciudad y aprovecha los cauces del Río Cuautitlán para desalojar aguas de la zona.

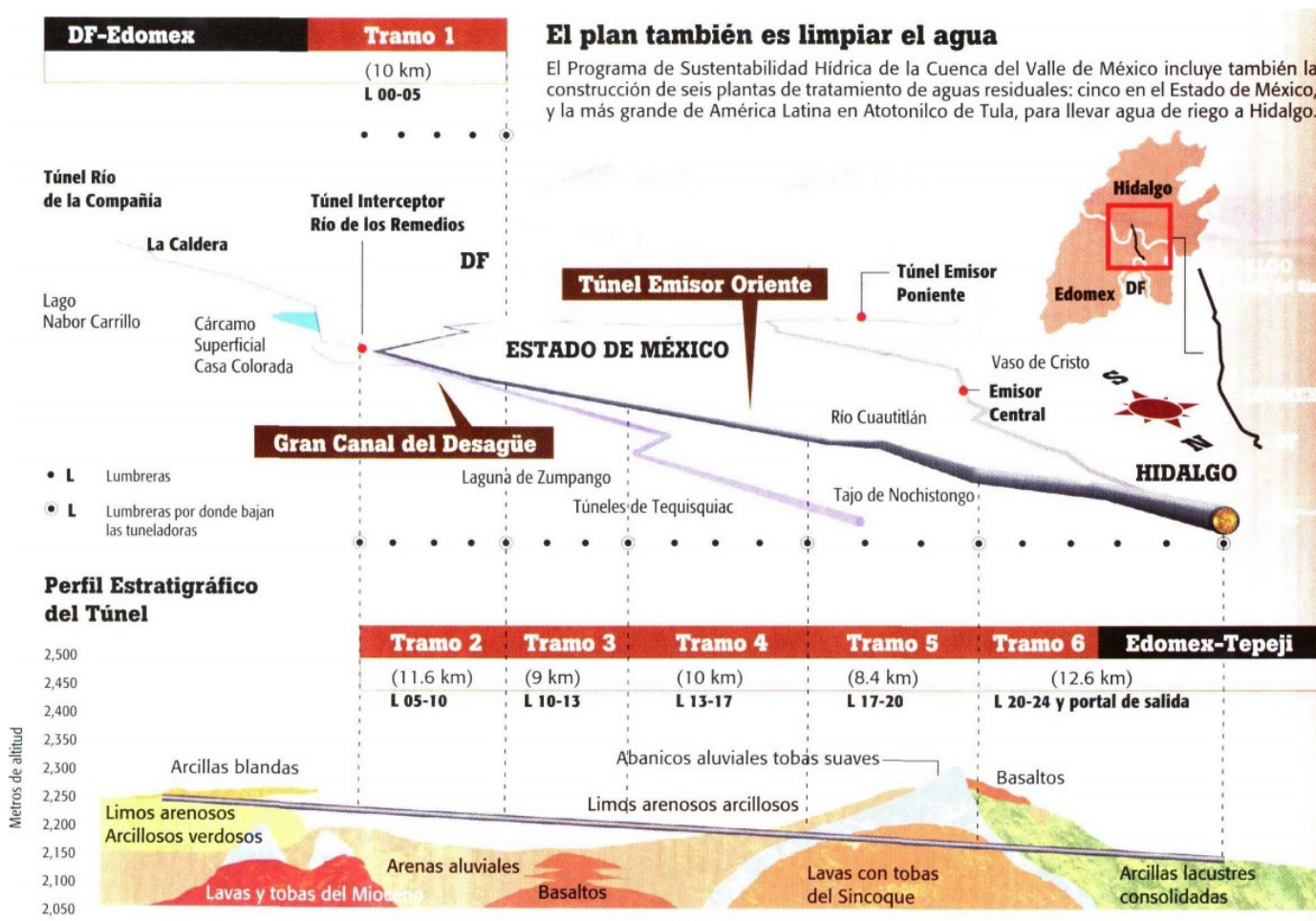
Por la pérdida de pendiente del Gran Canal se construyen cuatro estaciones de bombeo: Casa Colorada, Gran Canal 11+600, Canal de Sales y Gran Canal 18+500.

LA OBRA DEL SIGLO

El Túnel Emisor Oriente compensará el déficit en el drenaje del Valle de México y eliminará el peligro de una gran inundación.

El Valle de México se aloja en un gran tazón rodeado de montañas que sirvió como lecho de un sistema de cinco lagos: Texcoco, Zumpango, Xaltocan, Xochimilco y Chalco. La extracción masiva de agua del subsuelo, con el consecuente hundimiento desparejo de la ciudad, han provocado que el actual sistema de drenaje se erosione y sea insuficiente. La construcción del Túnel Emisor Oriente pretende resolver el problema.

- Irá desde la delegación Gustavo A. Madero, en el DF, hasta Tepeji del Río, en Hidalgo, atravesando el Estado de México, paralelo al Emisor Central.
- Medirá 62 kilómetros de largo y 7 metros de diámetro, y permitirá conducir 150 metros cúbicos por segundo en promedio.
- Tendrá un costo de 13 mil millones de pesos y se estima concluirlo en septiembre de 2012.
- Se construirá simultáneamente en seis tramos, con igual número de tuneladoras adquiridas por el Gobierno Federal.
- Está previsto que la primera excavadora llegue de Alemania a Veracruz en abril, y sea transportada por 40 tráilers al sitio de construcción, en partes.
- A lo largo del túnel habrá 24 lumbreras y un portal de salida.
- Las lumbreras son perforaciones de aproximadamente 16 metros de diámetro y una profundidad hasta de 200 metros, por las que bajarán las tuneladoras.



Continúa en siguiente hoja

El escudo excavador

Cada una de las seis tuneladoras que perforarán el TEO, provenientes de Alemania y China, mide 97 metros de largo completamente ensamblada, pesa 900 toneladas y tiene una potencia de 2,100 caballos de fuerza. Además de hacer el hoyo, coloca las placas de concreto (dovelas) que estructuran el túnel y las rocían de concreto líquido para reforzarlas.

