

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO TÚNEL EMISOR ORIENTE.

1.1 DESCRIPCIÓN TUNEL EMISOR ORIENTE

El proyecto inicia en la confluencia del Gran Canal con el Río del los Remedios (límite del Distrito Federal con el Estado de México) y termina en el municipio de Atotonilco, estado de Hidalgo, en la cercanía de la salida del Emisor Central. Esta obra que se encuentra en construcción tendrá una longitud de 60 kilómetros y capacidad de desalojo de 150 metros cúbicos por segundo (m^3/s) y dará viabilidad al sistema de drenaje del Valle de México, mismo que en el transcurso de los años ha perdido capacidad de desalojo de aguas residuales y de lluvias. (Ver figura 3.1.1)

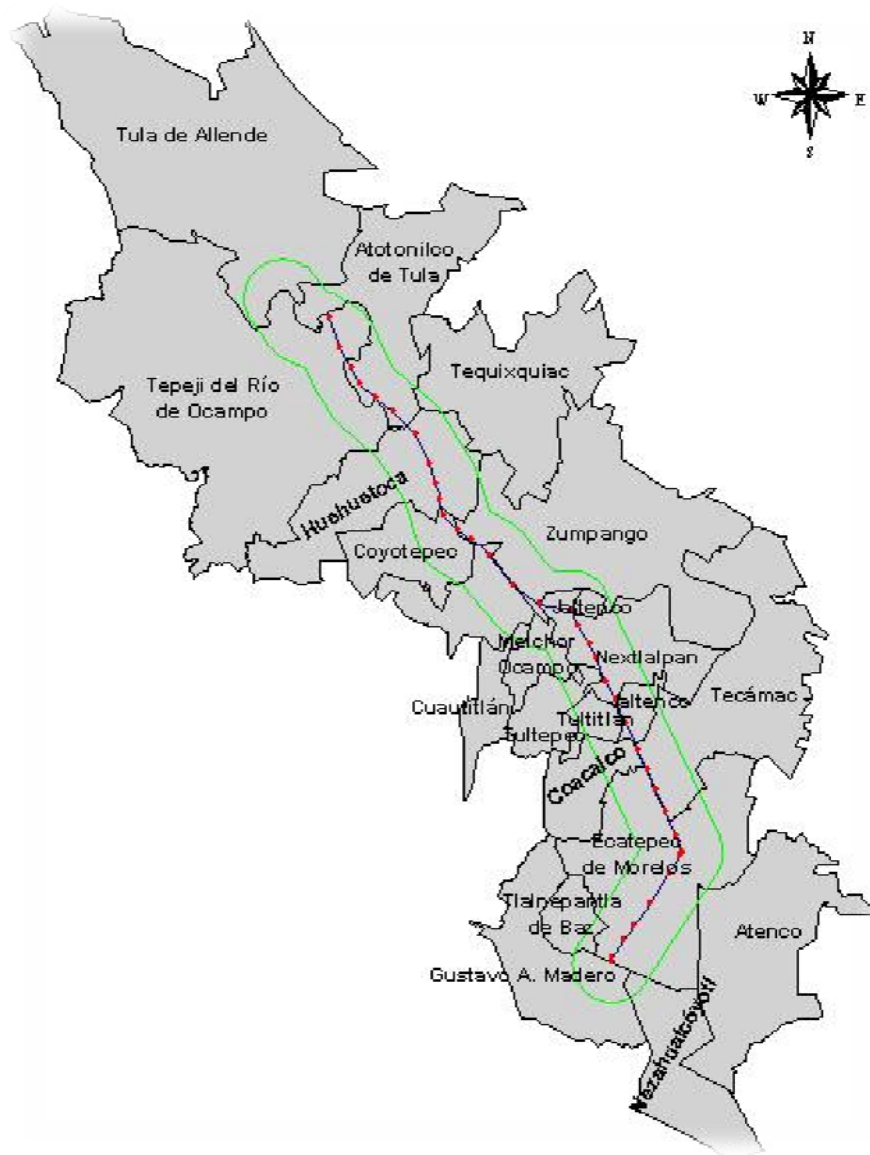


FIGURA 3.1.1. TRAYECTO DEL TÚNEL EMISOR ORIENTE

El Túnel Emisor Oriente forma parte del Plan de Sustentabilidad Hídrica, que busca reducir la sobreexplotación de mantos acuíferos en el Valle de México; tratar las aguas negras para ser reutilizadas en la agricultura y la industria, y ampliar la capacidad de desalojo del sistema de drenaje del Distrito Federal y el Estado de México. El TEO reforzará el sistema principal de drenaje de la ZMVM en beneficio de sus 20 millones de habitantes.

La Comisión Nacional del Agua, el Gobierno del Distrito Federal y el Gobierno del Estado de México a través del Fideicomiso 1928, ante la necesidad inminente de dichas obras y el riesgo latente y la emergencia que se derivarían del sistema actual y considerando la capacidad técnica y la experiencia de las empresas mexicanas que conforman el consorcio, llevó a cabo un procedimiento de adjudicación directa conforme a la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas. El proyecto inició sus trabajos de construcción bajo un esquema de obra pública mixta sobre la base de precios unitarios, precio alzado y tiempo determinado, que deberá concluirse en septiembre 2012. El contrato contempla la construcción de un túnel de 7 metros de diámetro terminado. El proyecto requerirá la construcción de 24 lumbreras con profundidades entre 30 y 150 metros, en algunas partes su profundidad será de hasta 200 metros, y podrá desalojar hasta 150 metros cúbicos por segundo de aguas negras, casi el doble de lo que actualmente soporta el Emisor Central de la Ciudad de México; de las lumbreras 4 tendrán un diámetro de 16 metros y las restantes un diámetro de 12 metros. El Túnel iniciará en el límite del Distrito Federal y el Municipio de Ecatepec, cruzando a un costado de la laguna de Zumpango, y concluye en El Salto, Estado de Hidalgo. El proyecto utilizará seis escudos tuneladores diseñados y fabricados específicamente para el mismo. El Túnel Emisor Oriente es una obra clave para la sustentabilidad de la Ciudad de México al incrementar significativamente la capacidad de drenaje en el Valle de México y permitir el desarrollo normal de los programas de mantenimiento del Drenaje Profundo, evitando los riesgos de inundaciones durante la época de lluvias.

Se contempla que en temporada de lluvias el Emisor Oriente funcione de manera simultánea al drenaje profundo actual y en época de secas de forma alternada para garantizar su mantenimiento y prever daños estructurales. La megaobra hidráulica, cuyo costo ascenderá a 13 mil millones de pesos, conducirá las aguas negras de la región hacia la planta de tratamiento que se construirá en El Salto, Atotonilco de Tula.

1.2 FASES DE PLANEACIÓN DEL TUNEL EMISOR ORIENTE.

Podemos comprender las fases de planeación del Emisor Oriente desde una perspectiva histórica, misma que nos describirá la forma en que se ha venido concibiendo éste proyecto.

Tanto en la antigüedad como en la época actual, el territorio en donde se asientan los pueblos origina muchos de los retos que deben enfrentar sus habitantes para alcanzar el desarrollo; tal es el caso de la Ciudad de México que, por su ubicación, tuvo que hacer frente, durante varios siglos, al problema de las inundaciones.

Fue en la época prehispánica, en el siglo XIII, cuando los mexicas llegaron al Valle de México y se establecieron en el islote de Tenochtitlan. Como sabemos éste se encontraba en uno de los cinco

lagos que formaban la zona lacustre de lo que es hoy este Valle. La cuenca-cerrada- se alimentaba de las lluvias, de los ríos procedentes de las sierras y de pequeños manantiales. Tal ubicación y características ocasionaron desde entonces inundaciones constantes en las épocas de continuas precipitaciones. Nuestros antepasados, ante semejantes contingencias, dieron muestra de sus conocimientos de ingeniería al emprender obras con el fin de controlar las aguas; principalmente construyeron albarradones o diques, como lo relatan los cronistas españoles, quienes quedaron sorprendidos por los sistemas empleados.



FIGURA 3.2.1. INUNDACIONES
CONSTANTES DEL VALLE DE MÉXICO.

En 1521, México-Tenochtitlán cayó en poder de los españoles; así se inició una nueva etapa, que se prolongaría hasta 1821. Una de las primeras ideas de Cortés fue buscar un nuevo asiento para fundar la capital de la Nueva España, pero finalmente se tomó la decisión de reconstruir la ciudad azteca, a pesar del peligro constante de las inundaciones, pues todas las corrientes se dirigían hacia el valle. Pronto los constructores se vieron en la necesidad de buscar soluciones. En 1555 ocurrió la primera gran inundación del México colonial y, entre otras medidas, siguiendo las técnicas indígenas, se reconstruyó el albarradón prehispánico, que, aunque brindó cierta ayuda, no bastó para solucionar del todo dicho problema.

Otra idea que surgió en ese año de 1555, fue la de construir un desagüe artificial, pero por entonces esto sólo quedó en proyecto. Sin embargo, cada vez que se repetían las grandes inundaciones de la capital, volvía a plantearse la necesidad de recurrir a esa solución. Finalmente, la decisión se tomó en noviembre de 1607, bajo el segundo gobierno de don Luis de Velasco. Las obras tendrían como objetivo construir un canal en Huehuetoca, a fin de drenar el lago de Zumpango e interceptar el río Cuautitlán, para dirigir sus aguas hacia el río Tula; de esta manera, se pensó, se lograría reducir la alimentación del gran lago que rodeaba la Ciudad de México. La dirección de tales trabajos quedó en manos del cosmógrafo de origen europeo Enrico Martínez, quien dedicó 25 años de su vida a ello.

En el primer año de trabajo, Martínez logró que las aguas del lago de Zumpango empezaran a drenar por el túnel de Nochistongo hacia el valle de Tula, pero la capacidad fue insuficiente y no disminuyó el volumen de agua requerido. Durante todos esos años las críticas hacia el cosmógrafo fueron muy duras, se consultaron a otros especialistas y, en ocasiones, las autoridades ordenaron

suspender los trabajos. El problema más grave se suscitó en 1629, cuando tuvo lugar una de las peores inundaciones. Ante tal acontecimiento, Enrico Martínez decidió cegar la entrada del canal del desagüe, pues temía que no resistiera la avenida de las aguas del río Cuautitlán y que todo lo construido se destruyera. Tal decisión fue catastrófica, las aguas del río llegaron a la Ciudad de México, alcanzaron considerable altura y las pérdidas fueron cuantiosas: muertes, emigración, propiedades destruidas y parálisis económica. Fray Luis Alonso Franco escribió al respecto: en canoas se llevaban los cuerpos de los difuntos a las iglesias y en barcos curiosos y con mucha decencia se llevaba el Santísimo Sacramento a los enfermos. Se dice que aún después de diez años, los daños eran perceptibles.

El famoso cosmógrafo fue acusado de negligencia y encarcelado, aunque finalmente fue puesto en libertad pues, sin duda, en aquel entonces, era quien más sabía del problema, por lo cual, las autoridades decidieron que se reiniciaran las obras. Esa fue la última etapa en la que participó Martínez entonces propuso que el canal se continuara a cielo abierto, lo que fue rechazado. El cosmógrafo murió en 1630, sin haber logrado lo que se había propuesto.

En los años siguientes, las obras del desagüe fueron motivo de preocupación de las autoridades novohispanas, sobre todo cuando arreciaban las lluvias y la amenaza de nuevas inundaciones estaba en puerta. En 1637, se continuaron los trabajos a tajo abierto y, ya en el siglo XVIII, se pensó en la necesidad de hacer un desagüe general. Cuando el barón de Humboldt visitó México, opinó que el problema sólo podría resolverse mediante la construcción de un canal que se dirigiera hacia el lago de Texcoco.

Después de 11 años de lucha armada, el 27 de septiembre de 1821, México despertó como una nación independiente, pero entre los principales problemas que heredó del pasado virreinal estuvo el del desagüe de la ciudad capital. Los nuevos gobernantes debían hacerle frente. Don Lucas Alamán habló de ello ante el Congreso, en 1823, y unos años más tarde advirtió la necesidad de que un organismo técnico-administrativo se encargara de la dirección de las obras; sin embargo, la pobreza del erario y los constantes conflictos políticos impidieron que, por largo tiempo, se atendiera la cuestión del desagüe, o bien que sólo se hicieran trabajos de mantenimiento y reparaciones menores.

En el año de 1856 el ministro de Fomento, ingeniero Manuel Siliceo, congregó en una junta a 30 personalidades, entre técnicos, políticos, científicos, legisladores y eclesiásticos, con el fin de encontrar propuestas viables. Finalmente se lanzó una convocatoria para que especialistas nacionalistas y extranjeros presentaran un proyecto integral de las obras hidráulicas de la cuenca de México, y se ofrecía un premio de 12 000 pesos al triunfador. En esta ocasión, fue el trabajo presentado por el ingeniero Francisco de Garay, el que obtuvo la gratificación prometida. La propuesta consistió en la construcción de un gran canal, pero no por el rumbo de Nochistongo, sino que éste terminaría en Tequisquiác; 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. El tiempo pasó, y las turbulencias políticas impidieron que se iniciara el proyecto; sólo se avanzó en el levantamiento parcial de la Carta Hidrográfica del Valle de México. Ya en tiempos del Imperio de

Maximiliano, en 1865, Garay fue nombrado Director General del Desagüe del Valle de México. Pronto se abocó a iniciar una tarea larga y costosas, en la que participarían numerosas brigadas de trabajadores, así como técnicos y especialistas mexicanos, y que se prolongaría durante las épocas de la restauración de la República y el Porfiriato.

Al iniciarse el gobierno juarista, el Secretario de Fomento, Blas Balcárcel, logró que en diciembre de 1867 se estableciera un impuesto especial para financiar las obras de desagüe y decidió continuar los trabajos en la zona de Tequisquiac. Primero se avanzó con rapidez en el tajo y en el túnel, pero después, conforme se llegaba a mayor profundidad, los costos y los obstáculos aumentaron. Había filtraciones y constantes riesgos de inundaciones y derrumbes, las lumbreras que se construían debían protegerse mediante mampostería o madera, por lo que cada vez era más lento el avance. A la caída de gobierno de Juárez, las obras volvieron a paralizarse. La capital se inundaba en las temporadas de lluvias lo que, además del malestar de la población, provocaba insalubridad y caos.

Sería hasta el año de 1884 cuando Porfirio Díaz inició su primera reelección que se reanudaron formalmente los trabajos del desagüe-en el túnel, el tajo y el gran canal; entonces se destinaron 400, 000 pesos anuales para las obras y fue el ingeniero Luis Espinosa quien quedó al frente de una Junta Directiva. El adelanto era lento, pues se trataba de una tarea compleja, especialmente en lo referente al túnel y al canal, ya que el tajo estaba prácticamente terminado. La maquinaria con la que se contaba no era la adecuada y, por estas razones el presidente Díaz consideró que tal obra debía quedar en manos de técnicos extranjeros. En 1889, se contrataron varias empresas de capital británico y norteamericano, entre otras, la Mexican Prospecting se encargó principalmente del túnel, y la S. Pearson & Son empezó a trabajar en el canal. En el primer caso, los extranjeros cometieron errores técnicos y al cabo del tiempo advirtieron que la obra no les era redituable; por tales motivos, la coordinación pasó de nuevo a la Junta Directiva, y ésta continuó los trabajos con rapidez. Así, después de muchas vicisitudes, el túnel de 10, 021.79 m quedó oficialmente concluido en diciembre de 1894.

Las obras del Gran Canal, que debía alcanzar los 47.5 km, continuaron su avance a cargo de las compañías extranjeras. En agosto de 1895, quedó franca la entrada del canal al túnel; Porfirio Díaz y su comitiva asistieron a la apertura de la represa en dirección al túnel de Tequisquiac. Finalmente, los trabajos concluyeron bajo la responsabilidad de la Junta Directiva; aún faltaban nueve kilómetros de canal y labores de infraestructura, tareas complicadas por la inestabilidad del terreno.

El 17 de marzo de 1900 tuvo lugar la inauguración oficial de la magna obra, a cargo del presidente Díaz, quien, junto con sus acompañantes, realizó un recorrido hasta el Tajo de Tequisquiac. Pero, si bien concluía una labor en la que los conocimientos científicos y técnicos habían jugado un papel fundamental, y en la que se habían invertido muchos recursos y esfuerzos, ésta no sería la solución definitiva a la problemática, pues las inundaciones no terminaron.

Al avanzar el siglo XX se pudo advertir que las tareas de drenaje de la capital mexicana resultaban insuficientes; se trataba de una ciudad cuya población había empezado a crecer a ritmo vertiginoso, lo cual -incorporado a los problemas del hundimiento, analizados estos últimos en su relación con las inundaciones y el bombeo de los pozos, por los ingenieros Roberto Gayol y José A. Cuevas-, representaban nuevos retos que debían enfrentar tanto quienes gobernaban la capital, como aquellos dedicados a la construcción. Fue entonces que el Departamento del Distrito Federal hizo frente a las inundaciones mediante nuevas obras de ingeniería hidráulica y sanitaria: la ampliación sur del Gran Canal del Desagüe, la construcción de colectores y atarjeas, el nuevo túnel de Tequisquiac y el entubamiento de algunos ríos. Sin embargo, la población siguió sufriendo inundaciones, particularmente, en los años de 1950 Y 1951.

En ese entonces muchas zonas de la ciudad fueron afectadas por el nivel que alcanzó el agua -a veces hasta siete metros- como lo revelan las fotografías de los diarios de la época, hecho que indicó la dislocación ocurrida en la red de alcantarillados y colectores.

En 1952 se creó la Comisión Hidrológica del Valle de México, dependiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Por su parte, el Departamento del Distrito Federal creó, en 1953, la Dirección General de Obras Hidráulicas; esta última dio a conocer un plan general con el propósito de hacer frente al hundimiento, a las inundaciones y al abastecimiento de agua potable. Pero no fue hasta 1959, cuando se pensó que la solución del problema sería la realización de un sistema de drenaje profundo. (Figura 3.2.2)



FIGURA 3.2.2. CONSTRUCCIÓN DE EMISORES DE DRENAJE.

Durante los años siguientes se llevaron a cabo las investigaciones encaminadas a emprender la tarea señalada: posibles trazos, estudios hidrológicos e hidráulicos y análisis geológicos de estratigrafía y de sismicidad. El proyecto comprendía la construcción de un emisor central y la de dos interceptores profundos: el central y el oriente. La profundidad de estos últimos permitiría el desagüe por gravedad a través de túneles, desde la ciudad hasta la desembocadura del sistema, en el río del Salto, cercano a la presa Requena, en Hidalgo. Así se podría mantener en servicio la red de alcantarillado y aprovechar las aguas negras para riego y usos industriales. (Figura 3.2.3)



FIGURA 3.2.3. REVISIÓN DE ESTRUCTURAS DE DRENAJE

En 1962, se puso en servicio el Emisor Poniente. En el nuevo proyecto se contempló realizar estudios complementarios, y en esta tarea participó el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Con el objetivo de garantizar y comprobar todos los cálculos teóricos se solicitó a la institución un modelo de Emisor, para verificar el funcionamiento hidráulico y el de las descargas de los colectores a los interceptores profundos, y se atendieron también los aspectos económicos y financieros. Finalmente, en 1967 se dio inicio a esta importante obra de la ingeniería mexicana del siglo XX.

En 1975, Luis Echeverría inauguró el Emisor Central de 50 kilómetros, componente principal del actual drenaje profundo. Los trabajos comenzaron en las lumbreras y posteriormente se atacaron los frentes del túnel. En 1971 se creó el consorcio Túnel, S. A., conocido como TUSA; éste agrupó a los contratistas de la obra bajo un solo mando. Sobre la marcha tuvieron que enfrentar diversas dificultades, lo que produjo el desarrollo de distintas técnicas para lograr el éxito final. Particularmente, en la Ciudad de México, el túnel tenía que atravesar suelos de muy poca resistencia, pero también el avance fue difícil cuando se hicieron perforaciones en zonas de roca sólida. Los túneles que forman parte del Sistema de Drenaje Profundo alcanzaron 68 km de longitud y se revistieron de concreto armado y concreto simple. Las obras concluyeron en el año de 1975, solucionando por fin un ancestral problema de nuestra capital.

Es indudable que, a lo largo de los años, se fueron acumulando experiencias de trabajo fundamentales para el proyecto final. En el Sistema de Drenaje Profundo se pusieron en juego avanzados conocimientos y novedosas técnicas, frutos del desarrollo de la ingeniería mexicana. Las frecuentes inundaciones a las que por muchos años se enfrentaron los habitantes del Valle de México en especial en la Zona de Ecatepec, así como los habitantes de la Ciudad de México, dejaban siempre grandes perjuicios económicos y en ocasiones incluso la pérdida de vidas humanas.

La zona Metropolitana del Valle de México está construida sobre una cuenca cerrada, lleno de conos volcánicos, con un volcán activo (Popocatepetl), dentro de una zona sísmica afectada por movimientos de subducción de la placa de cocos. Se caracteriza por tener suelo arcilloso con arcillas de tipo montmorilonitas (ver Anexo 1) con propiedades de estructura flocluenta. Originalmente formaba un sistema lacustre integrado por cinco grandes lagos: Texcoco, Xaltocan, Zumpango, Xochimilco y Chalco.

En época de lluvias, estos lagos se convertían en uno solo de dos mil kilómetros cuadrados de superficie. Esta condición explica las periódicas inundaciones que desde la fundación de Tenochtitlan han enfrentado sus habitantes, así como la necesidad de construir importantes obras de drenaje para el control y desalojo de las aguas residuales y pluviales del valle.

Obras de drenaje

La construcción de la Ciudad de México sobre lo que eran los lagos, ocasionó dos problemas permanentes: la necesidad de desalojo del agua de lluvia para evitar inundaciones y el hundimiento por la sobre explotación de los mantos acuíferos. (Figura3.2.4)



FIGURA 3.2.4. RÍOS Y LAGOS DEL VALLE DE MÉXICO.

Hoy la capacidad del sistema de drenaje de la zona Metropolitana es insuficiente y presenta serios problemas.

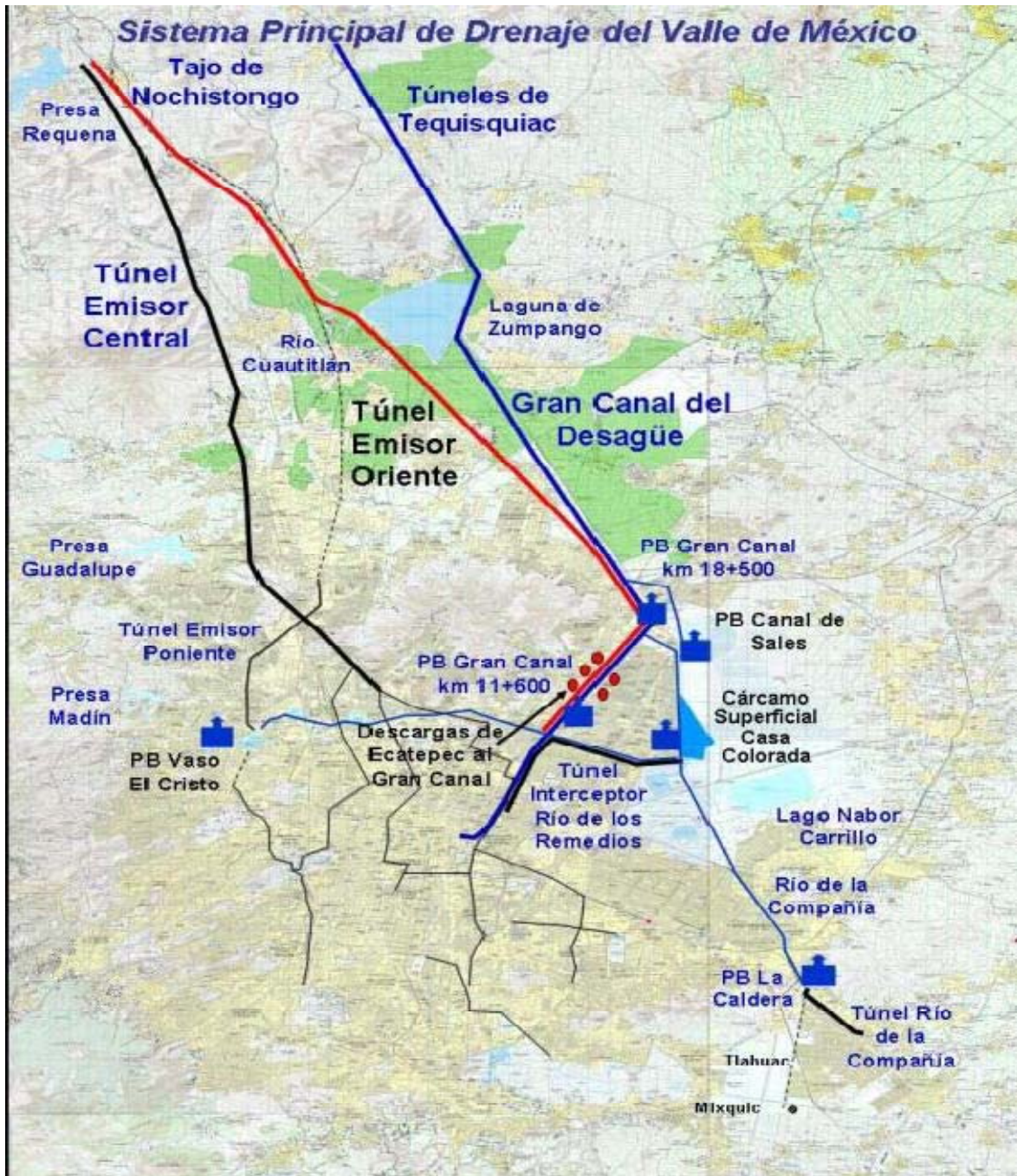
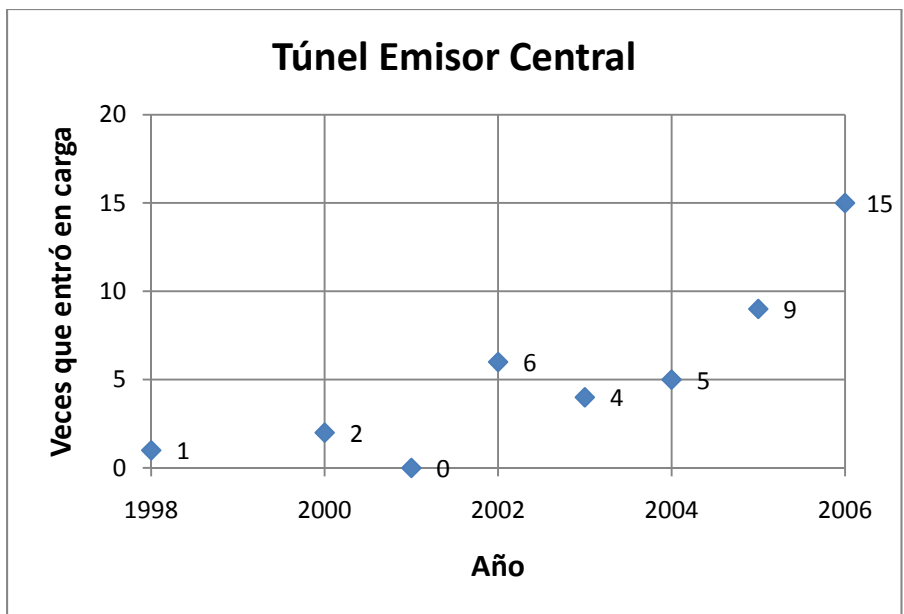


FIGURA 3.2.5. SISTEMA PRINCIPAL DE DRENAJE DEL VALLE DE MÉXICO.

Basta comparar la capacidad que tenía en 1975 con la que tiene en la actualidad, que es 30% menor con casi el doble de población. Esta disminución se debe principalmente al constante

hundimiento de la Ciudad de México, originado por la sobreexplotación de los mantos acuíferos del Valle de México. A la salida del Emisor Central se han medido gastos máximos del orden de 50 a 60% de la capacidad del gasto original y además que el Emisor Central en ocasiones ha presentado carga (Ver Gráfica 3.2.1). Se hace evidente que el conducto presenta una situación de deterioro creciente; como podría ser el ataque al revestimiento por las aguas negras, tanto en las paredes como en la cubeta del conducto y la posibilidad de encontrar alguna falla del revestimiento o ingreso puntual de filtraciones.



Gráfica 3.2.1

A pesar de que el Emisor Central es el ducto del cual depende la seguridad del desalojo de las aguas residuales y pluviales del valle, es necesario cerrarlo durante los meses de estiaje para su reparación y mantenimiento. (Figura 3.2.5 y Anexo 2)

Aunque no se presenten fallas en el Emisor Central, las lluvias atípicas que llegan a ocurrir varios días al año, pueden ocasionar inundaciones localizadas en las zonas bajas de la Ciudad de México.

En caso de que ocurriese una falla en algún punto a lo largo del Emisor Central se perdería la capacidad de desalojo de aguas pluviales y sanitarias, lo cual traería como consecuencia la inundación de una parte importante y estratégica de la Ciudad de México. En primer lugar quedaría inhabilitado el Aeropuerto Internacional Benito Juárez al subir el agua a la cota 2226 msnm; al continuar el ascenso del agua, el cual puede alcanzar eventualmente la cota 2231 msnm aproximadamente, se afectaría la zona de san Juan de Aragón, las delegaciones Venustiano Carranza e Iztacalco, posteriormente parte de Gustavo A. Madero y Benito Juárez. En cualquier caso, se inundaría parte importante del sistema de transporte colectivo metro inutilizando con ello su operación. De manera directa resultarían afectados alrededor de 4 millones de habitantes; de manera indirecta serían afectados los otros más de 15 millones ubicados en la Ciudad y conurbación de esta. (Ver Anexo 3)

Esto plantea la urgente necesidad de disponer de un emisor alternativo que permita mantener la capacidad de operación del sistema durante todo el año.

Además, como se aprecia en el siguiente cuadro, el actual sistema de drenaje profundo es insuficiente para las necesidades actuales del Valle de México.

Año	1975	2008
	m ³ /s	
Gran canal	80	15
Obras de emergencia		30
Emisor Poniente	30	30
Emisor Central	170	120
Total	280	195
Capacidad requerida	315 m³/s	
Déficit	120 m³/s	
Millones de habitantes	10	19

TABLA 3.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA CAPACIDAD DE DESALOJO DE LOS SISTEMAS DE AGUAS NEGRAS EN EL VALLE DE MÉXICO

El Emisor Central, diseñado para conducir agua de lluvia en los picos de tormenta, ha operado durante 15 años fuera de sus variables de diseño al utilizarse de manera continua y sin mantenimiento; además de estar conduciendo aguas residuales o “negras”, situación que ha provocado un desgaste acelerado.

En marzo de 2009 se iniciaron los trabajos de reparación del Emisor Central, como resultado de una inspección que permitió detectar diversos daños al recubrimiento de concreto y al acero de refuerzo que denotan un deterioro progresivo y cuya reparación requerirá de varios años, así como un programa periódico de mantenimiento.

Para mitigar los efectos de lo anteriormente mencionado se hace presente la necesidad de contar con un sistema de drenaje integral. El Túnel Emisor Oriente se erige como la respuesta a la situación de contingencia que ha presentado la ZMVM. Con éste nuevo conducto la Ciudad tendrá un sistema dual que permitirá dar mantenimiento a los conductos profundos con gran seguridad y eficacia. Constituida por 23 lumbreras y el Portal de Salida; (Ver Anexo 4 y 5) los primeros 28 kilómetros serán excavados en la zona de lago, con las arcillas montmorilonitas de baja capacidad y de gran contenido de humedad. Después habrá que excavar 21 kilómetros de aluviones y 12 kilómetros de roca para completar los 60 kilómetros del conducto (Ver Figura 3.3.2)

1.3 ESTUDIOS PREVIOS

Los estudios previos comprenden: trazo, geología, determinación del diámetro del conducto, derecho de vía, adquisición de los lotes para las lumbreras, construcción de las 5 máquinas excavadoras, construcción del endovelada en dos fábricas situadas estratégicamente, construcción del túnel, inyecciones y colocación del revestimiento definitivo y la construcción de obras

auxiliares y para ingresar al conducto todas las aguas pluviales y negras durante las temporadas de lluvias.

Todo lo anterior puede ser ejecutado por un consorcio de empresas mexicanas, además con la mejor ingeniería y la mejor tecnología. En la construcción del TEO, debido al tipo de suelo se está usando 2 tipos de escudo. El primero de ellos, es el escudo alemán con el sistema denominado EPB, de frente de suelos balanceado, (Figura 3.3.1), el que permitirá perforar los túneles con seguridad y rapidez; el segundo es el sistema Mixshield que es usado para suelos mixtos. (Figura 3.3.2)

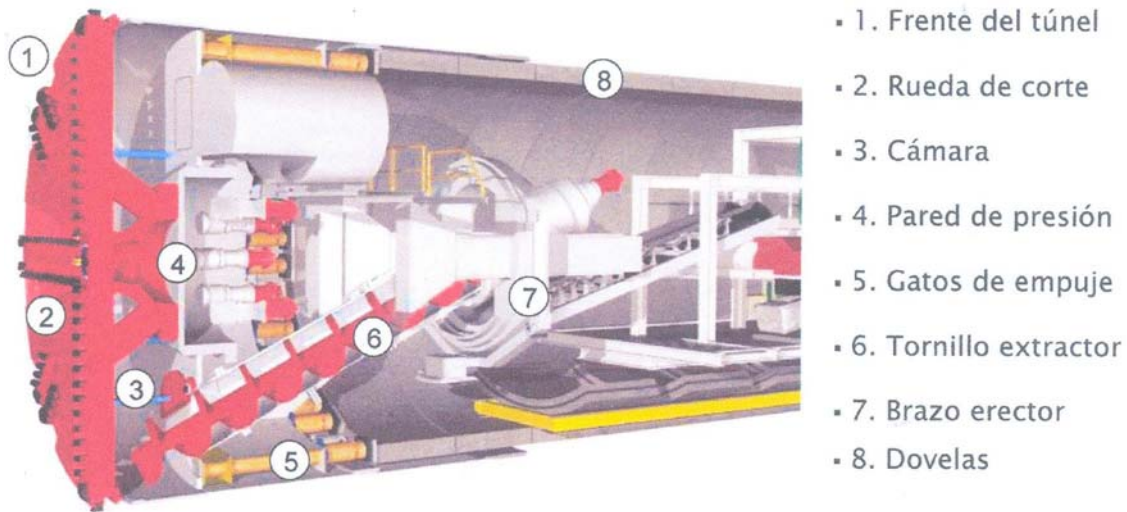


Figura 3.3.1

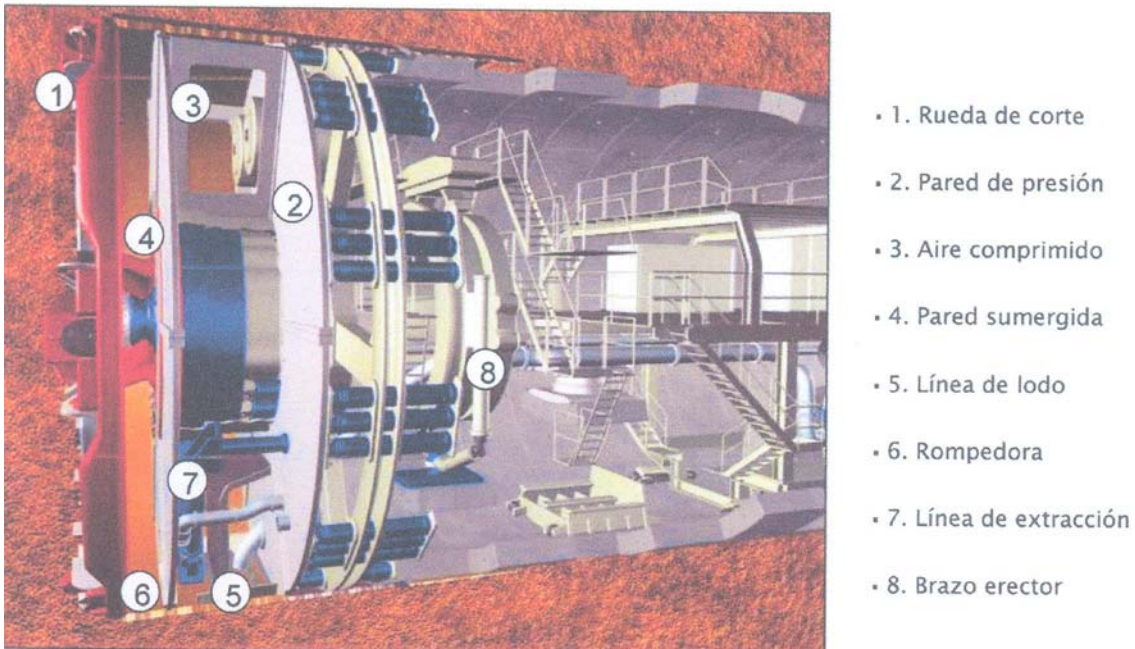


Figura 3.3.2

Será necesario utilizar lo antes posible los recursos disponibles para realizar diversos estudios, dentro de los que destacan:

- a) Tenencia de la tierra, particularmente para el túnel abajo del Gran Canal.
- b) Geotecnia para el túnel abajo del Gran Canal, sus lumbreras y la planta de bombeo Caracol.
- c) Planta nueva de Sales
- d) Estudios de catastro, así como la compra de terrenos para las lumbreras del túnel abajo del Gran Canal y la planta Caracol.
- e) Estudios topográficos, tal como el levantamiento altimétrico de las zonas aledañas al gran canal y que servirán también tanto para la predicción de hundimientos como para el diseño de estructuras Permite conocer también la ubicación de las descargas al Gran Canal mismas que serán conducidas al TEO.
- f) Estudios Geológicos.
- g) Hidrología.

1.4 ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN

El programa de obra contempla:

- Obras cuyo propósito fundamental es facilitar el manejo de los escurrimientos de estiaje para permitir la inspección del Emisor Profundo.
- Obras de poco costo que pueden desarrollarse para mejorar el funcionamiento del Sistema durante la próxima temporada de avenidas.
- Obras que en el mediano plazo (del orden de 2 años) permiten mejorar sustancialmente el funcionamiento del Sistema.

Podemos entender la conceptualización de las etapas de construcción a partir del programa de obra, mismo que a su vez tendrá un desglose de actividades inherentes al proyecto, entre las que destaca:

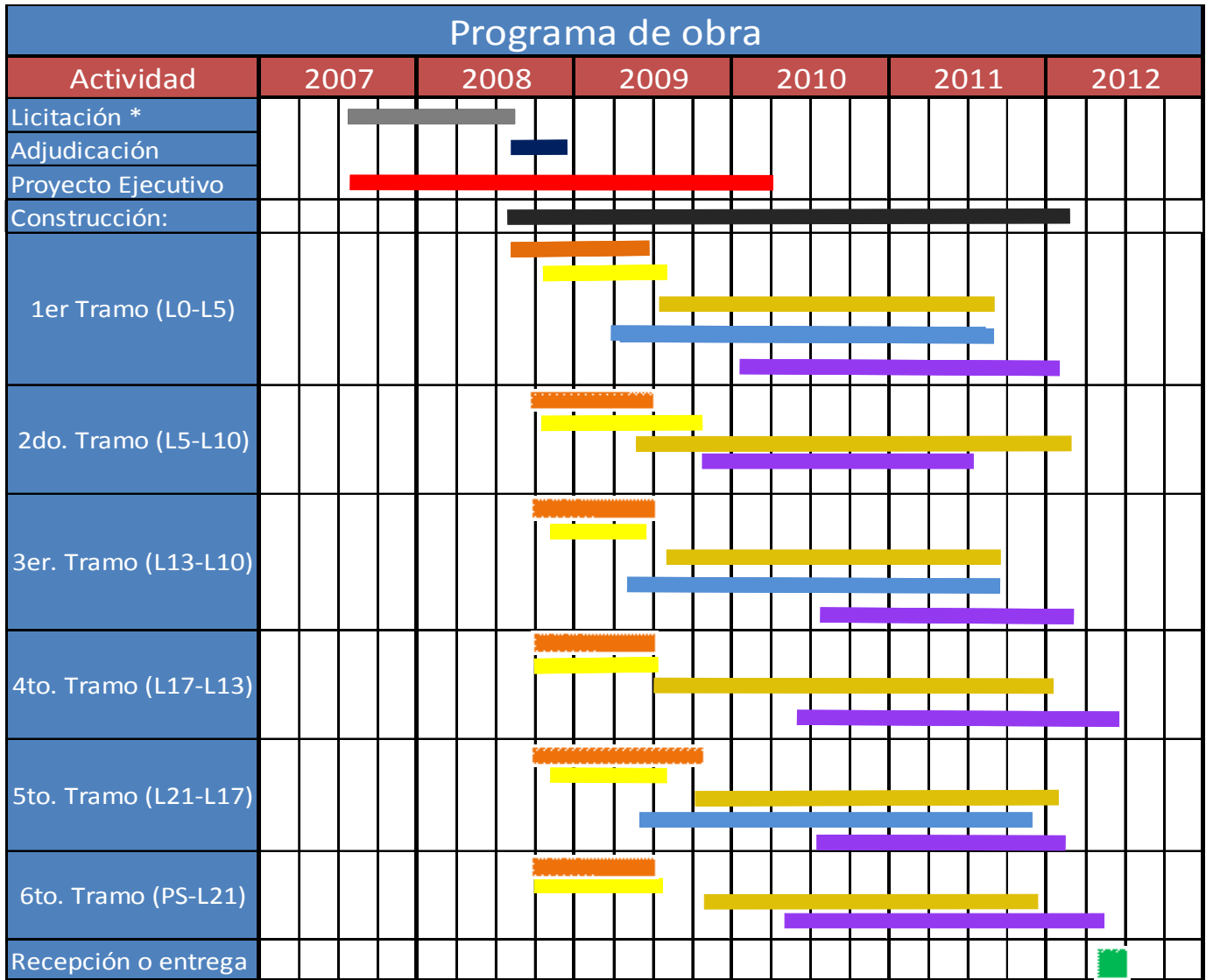
- Licitación y adjudicación: Etapa que contempla la elaboración de bases de concurso y que ha tenido una duración de ocho meses (para la licitación) mismo periodo de tiempo que se ha ajustado de acuerdo a las contingencias que tenga el proyecto. La licitación tuvo carácter de pública e internacional; fue adjudicada al consorcio formado por las constructoras siguientes, a quienes se les asignó la construcción de diferentes tramos: ICA con un 34.83% de las obras (L0-L09;), Grupo Carso a quien se le asignó el 31.41% de la construcción del túnel (L09-L17), Cotrisa con un 19.76% (L17-L22), Constructora Estrella y Lombardo Construcciones el 14% (L22-L26). Esto sin considerar la construcción del portal de salida (PS). Con la asignación de la obra al consorcio de empresas mexicanas se logra:
 - Acortar entre 12 a 18 meses el inicio de los trabajos, ya que un concurso de este tipo se lleva éste último tiempo.
 - Se puede contratar a libro abierto (los costos son totalmente transparentes)
 - Se genera una gran cantidad de empleos directos e indirectos.

- Proyecto Ejecutivo, que para el caso del Emisor Oriente había tenido un desarrollo a la par con la construcción del mismo, siendo un proceso que ha durado un año y tres meses.
- Construcción: la construcción de ésta obra tiene contemplado desde el suministro del equipo excavador, la excavación de las lumbreras, excavación del túnel, fabricación de dovelas, la construcción de las estructuras con que contará el proyecto tales como semiprofundos, estructuras de captación y de control hasta el revestimiento definitivo del TEO.

El 13 de agosto de 2008 se dio inicio a las obras; la perforación del túnel comenzó en septiembre del mismo año mismas que terminarán 54 meses después, en el segundo trimestre de 2012.

En la figura 3.4.1 apreciamos éste desglose de actividades con más detalle:

PROGRAMA DE OBRA.



[Barra naranja]	Suministro de equipo excavador
[Barra amarilla]	Construcción de lumbreras
[Barra verde]	Excavación de túnel
[Barra azul]	Fabricación de dovelas
[Barra morada]	Revestimiento definitivo

Avance físico a Diciembre de 2009: 24.6%
 Avance financiero a Diciembre 2009: 17.0%

TABLA 3.4.1. PROGRAMA GENERAL DE OBRA DEL TÚNEL EMISOR ORIENTE

1.5 FINANCIAMIENTO.

El esquema de financiamiento contempla la participación de las tres entidades involucradas para la ejecución de éste proyecto: Gobierno Federal, Gobierno del Estado de México y Gobierno del D.F. (las dos últimas entidades integran el fideicomiso 1928). La participación, queda de la siguiente manera (Tabla3.5.1):

Túnel Emisor Oriente		
Aportación		Millones de pesos
Federal		6943
Fideicomiso 1928	Gob, D.F.	2850
	Gob. Edo. Méx	2850
INVERSIÓN TOTAL (monto del contrato):		12,643

(sin IVA)

**Ésta Inversión Total incluye colectores y planta de bombeo (Atotonilco)

TABLA 3.6.1. ESQUEMA DE FINANCIAMIENTO DEL TUNEL EMISOR ORIENTE