

Reg. 148



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**APROVECHAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA
CIUDAD DE MEXICO, DE LA CUENCA DE ORIENTAL, PUE.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
*INGENIERO CIVIL***

PRESENTAN:

**Bertha Elvira Ortiz Gijón
Roxana María Ortiz Vázquez**

México, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

=====

	<u>PAGINA</u>
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1. LOS ORIGENES DEL PROBLEMA: TENOCHTITLAN.	5
1.1 Descripción del Valle de México	5
1.2 Balance Hidrológico	9
1.3 Historia	11
1.3.1 Epoca Prehispánica y Colonial	11
1.3.2 El Siglo XIX	15
1.3.3 El Siglo XX: Primeros 75 Años	16
CAPITULO 2. EL PROBLEMA: EL DESBORDADO CRECIMIENTO DEMOGRAFICO	20
2.1 Introducción	20
2.2 El Sistema Urbano	21
2.2.1 Nivel de Servicio y Usos del agua	23
2.2.2 Sistema de Agua Potable	27

CAPITULO 3.	LAS SOLUCIONES	30
3.1	Los Pozos en el Valle de México	30
3.2	Los Pozos en el Valle de Toluca	36
3.3	Las Cinco Cuencas Externas	38
3.4	La Obra del Alto Cutzamala	40
3.4.1	Descripción General	40
3.4.2	Primera Etapa	41
3.4.3.	Segunda Etapa	42
3.4.4	Tercera Etapa	46
CAPITULO 4.	LA CUENCA DE ORIENTAL, PUE.	47
4.1	Antecedentes	47
4.2	Localización y Características de las Zonas de Captación y Conducción del Sistema Oriental, Pue.	47
4.3	Descripción del Sistema de Obras para Aprovechar las Aguas Subterráneas de la Cuenca de Oriental, Pue.	48
4.3.1	Líneas de Captación	50
a)	Línea de Pozos 2-1	50
b)	Línea de Pozos 3	53
c)	Equipamiento de Pozos	54

PAGINA

4.3.2	Línea de Conducción	55
	a) Tramo a Bombeo	55
	b) Tramo a Gravedad	57
4.3.3	Estaciones de Rebombeo	58
	a) Captación	58
	b) Conducción	60
4.3.4	Estructuras	61
	a) Cárcamos de Rebombeo y Tanques de Regulación	62
	b) Cajas rompedoras de presión	64
	c) Cámaras de Oscilación	66
	d) Atraques	67
	e) Cruzamientos	68
	f) Edificios, Casetas y Bodegas	69
4.3.5	Regulación	70
4.3.6	Desinfección	71
4.3.7	Anteproyecto de Caminos	76

	<u>PAGINA</u>
4.3.8 Anteproyecto del Sistema de Comunicación y Control Remoto en el Sistema Oriental, Pue.	78
4.3.9 Líneas de Transmisión de Energía Eléctrica	83
CONCLUSIONES	87
BIBLIOGRAFIA	92
ANEXO 1: RELACION DE LAMINAS	94
ANEXO 2: RELACION DE CUADROS	96

I N T R O D U C C I O N

Al igual que en otras grandes urbes del mundo, los problemas de la Ciudad de México son consecuencia de una compleja interacción de factores políticos, económicos y sociales.

Sin embargo, mientras que las grandes civilizaciones del mundo nacieron generalmetne en las márgenes de un gran río, la de los aztecas se situó sobre una laguna y este hecho marcó el inicio de una paradoja en materia de agua: por un lado, es indispensable desalojar los grandes volúmenes que llueven en tiempos muy cortos y que a lo largo de la historia han causado numerosas inundaciones; y por otro, es necesario satisfacer la creciente demanda del vital líquido.

En esta empresa, los habitantes de la ciudad han modificado su ambiente físico, la mayoría de las veces para su beneficio pero también a costa de generar otros conflictos. Con el paso del tiempo el Sistema Hidráulico del Distrito Federal ha tenido que enfrentar numerosos problemas:

- Elevada tasa de crecimiento demográfico.
- Alto índice de migración a la ciudad.

- Conurbación del Distrito Federal y el Estado de México.
- Acelerado hundimiento del terreno, como consecuencia de la sobreexplotación de los acuíferos.
- Necesidad de abrir salidas artificiales del Valle de México para evitar inundaciones y desalojar las aguas residuales.
- Fuentes de abastecimiento lejanas, localizadas a cotas inferiores a la de la ciudad, costosas económica y socialmente.
- Ampliaciones del sistema hidráulico, obedeciendo a las necesidades de emergencia, más que a la planeación de largo plazo.
- Diferencias en los patrones de consumo de la población, ya que en los estratos de bajos ingresos la dotación es inferior a la demanda.
- Mantenimiento diferido, con el consecuente deterioro de las instalaciones y las fugas de agua.
- Medición incompleta, financiamiento insuficiente e irregular.

De esta manera, para dotar de agua al Area Metropolitana de

la Ciudad de México con la cantidad, calidad y la oportunidad requeridas, es necesario tomar en cuenta una gran diversidad de factores técnicos, políticos, jurídicos, administrativos, económicos y sociales y todos ellos aumentan la complejidad de las acciones requeridas. Por lo tanto, es muy urgente apresurar los proyectos originales e incorporar al programa de abastecimiento de agua en bloque, proyectos más cercanos y menos costosos, como los acuíferos de Apan y la presa de Guadalupe en el Valle de México, y el acuífero de Libres-Oriental y la cuenca del Río Tula en el Estado de Puebla.

Motivadas por lo anterior, realizamos la presente tesis, la cual explica lo que es el Sistema Hidráulico del Distrito Federal, cómo llegó a conformarse, cuáles son sus problemas fundamentales, resultantes de un acelerado y anárquico desarrollo urbano que ha hecho que se rebasen los límites hidrológicos del Valle de México y las fronteras políticas del Distrito Federal.

Se describen también las estrategias que se han seguido desde la fundación de Tenochtitlan para abastecer de agua a la ciudad y evitar las inundaciones, haciendo énfasis en el período 1977-1982.

Se señala la importancia de reducir substancialmente la explotación del agua subterránea y de tomar medidas que aseguren el abastecimiento a la ciudad a principios del Siglo - XXI, además de reforzar el control de la calidad del agua y aprovechar la tecnología disponible para tratar las aguas - residuales.

Por último se describe brevemente el sistema de obras para aprovechar las aguas subterráneas de la cuenca de Oriental, Pue., el cual en nuestro concepto y por sus ventajas técnicas y económicas, constituye la alternativa de construcción inmediata en el programa de abastecimiento de agua en bloque al Area Metropolitana de la Ciudad de México.

CAPITULO I

LOS ORIGENES DEL PROBLEMA TENOCHTITLAN

1.1 Descripción del Valle de México.

El Valle de México está situado en el borde sur de la Mesa Central (Lámina 1.1), tiene una extensión de 9,600 km² y su forma es semejante a la de una elipse, con su eje mayor, de noreste a sureste, de 110 km y su eje menor, de este a oeste, con una longitud de 80 km. Completamente rodeado por montañas, cuyas altitudes oscilan entre los 2,240 y 2,390 metros sobre el nivel del mar, lo constituyen como una cuenca cerrada, sin salidas naturales para los escurrimientos que se generan dentro de la misma.

El Valle contiene varios lagos someros, de los cuales el de Texcoco es el mayor, le siguen en importancia la Laguna de Zumpango en el noroeste y el Lago de Chalco, el cual se extinguió por completo a principios del presente siglo. Los dos primeros lagos y los canales de Xochimilco son los últimos vestigios -

de otros mayores y más numerosos que formaban parte de un solo cuerpo de agua poco profundo, al final de la época glacial. Hacia el noreste del Valle se ubican numerosas elevaciones volcánicas con depresiones que ocupan algunas lagunas someras como las de Apan, Tecocomulco y Tochac, las cuales desaparecen en el estiaje.

El Distrito Federal se asienta en la zona meridional del Valle, que es donde se encuentran tanto las mayores como las menores elevaciones y donde las lluvias son más copiosas.

La precipitación media anual en el Valle, equivale a una lámina de 700 milímetros, la cual aumenta del noreste hacia el suroeste (Lámina 1.2) aunque esta tendencia disminuye en el caso de las precipitaciones de corta duración.

La distribución temporal de las lluvias en el Valle de México, es muy desfavorable desde el punto de vista de su aprovechamiento o control, ya que casi la totalidad de la precipitación del año se concentra en un número reducido de tormentas. Comienza a explicar

se así la paradoja que ha vivido la ciudad, pues a lo largo de su historia el exceso de lluvia ha contrastado con la falta de ella.

Desde el punto de vista hidrológico, el Valle de México se divide en once zonas (Lámina 1.3) y en conjunto las corrientes superficiales de la cuenca tienen un caudal medio de $19 \text{ m}^3/\text{s}$, que equivalen al 9% del volumen precipitado en un año.

Las características espaciales y temporales del agua superficial han impedido que este recurso se aproveche en mayor medida para satisfacer las necesidades de las poblaciones ubicadas dentro del Valle de México. Por ello, los manantiales y los acuíferos, han jugado un papel fundamental en la tarea del abastecimiento de agua a la ciudad; sin embargo, la extracción de agua subterránea — dada la hidrología, la estratigrafía tectónica, la sedimentología y las características físicas de los materiales que conforman los acuíferos — ha ocasionado serios problemas de asentamientos, ya que durante el presente siglo se han registrado hundimientos superiores a los nueve metros (Lámina 1.4). Por otra parte, la sobreexplota-

ción de los acuíferos también ha producido cambios en la calidad físico-química del agua extraída, ya que se llegan a explotar mantos de agua subterránea que han estado en contacto por muchos años, con minerales que pueden disolverse.

1.2 Balance Hidrológico.

En la época en que se fundó la Gran Tenochtitlán, el funcionamiento hidrológico del Valle de México había producido una serie de lagos y lagunas. Extensos bosques cubrían las laderas montañosas y mantenían fijo el suelo de estas áreas, por lo que los escurrimientos contenían poco azolve. Los depósitos subterráneos llenos a su capacidad, mantenían el flujo de numerosos manantiales. La evaporación y transpiración de los lagos, así como la vegetación, propiciaban un clima menos variable que el actual. En ésta época, el balance hidrológico permanecía prácticamente invariable. El volumen de lluvia que no se perdía por evaporación y transpiración, se depositaba en los lagos y lagunas y posteriormente se evaporaba durante el estiaje. Con el transcurso del tiempo, los habitantes del Valle han modificado el funcionamiento descrito: La cubierta vegetal se ha alterado: Las zonas de recarga han disminuido por la creciente urbanización: Se aprovecha una pequeña parte del agua superficial, otra se regula mediante presas y el resto se desaloja fuera de la cuenca: Los acuíferos del Valle se explotan

más allá de su recarga natural: Se contamina el agua y desde 1951 ha sido necesario traerla desde otras cuencas, ya que la existente en el Valle ha resultado insuficiente para satisfacer las necesidades impuestas por el crecimiento demográfico. De este modo, el balance hidrológico presenta hoy en día la composición que se muestra en la (Lámina 1.5)

Como resultado del uso de los caudales señalados, se producen 40 m³/s de aguas residuales. De este volumen, 2 m³/s se reusan para el riego de parques, llenado de lagos y usos industriales; 8 m³/s se utilizan para regar en el Valle de México una superficie de 18,000 ha y el resto se destina al riego de 56,000 ha en el Valle de Tula. Sin embargo los 16 m³/s del escurrimiento pluvial, al ser producidos por unas cuantas tormentas de corta duración dentro del año, generan escurrimientos instantáneos que han sumado hasta 250 m³/s en las salidas del drenaje del área metropolitana de la Ciudad de México (Lámina 1.6), lo cual, ha obligado a construir interceptores de gran diámetro y obras como el sistema de drenaje profundo para evacuar el agua y proteger a la ciudad de inundaciones.

1.3 Historia.

La historia de la Gran Tenochtitlán, hoy Ciudad de México, guarda una estrecha relación con las características hidrológicas del Valle de México.

Este centro indígena que se convirtió en el más importante de la región, fue fundado por los aztecas en 1325, a 2,240 metros sobre el nivel del mar, en un llano rodeado por lagos y por sierras de 5,000 m de altura.

Desde la época prehispánica fue necesario responder con obras de gran magnitud a situaciones en las que, por abundancia o escasez de agua, se sucedían inundaciones, sequías y epidemias. El sistema hidráulico actual es producto de acciones realizadas durante 657 años, a partir de la fundación de México-Tenochtitlán.

1.3.1 Época Prehispánica y Colonial.

Esta primera etapa, que se extendió hasta fines del Siglo XVIII, se caracterizó por las fluctuaciones en los niveles de los lagos que

concentraban los escurrimientos del Valle de México.

Los islotes y riberas de los lagos ofrecieron a los primeros asentamientos indígenas condiciones inmejorables de seguridad y supervivencia. Sin embargo, conforme se desarrolló el predominio de los aztecas, el asentamiento se extendió hacia las superficies disponibles o hacia aquellas que se ganaban a los propios lagos, y la fluctuación en los niveles de éstos comenzó a ocasionar daños cuantiosos. El problema se enfrentó mediante bordos y diques de contención; en 1450, Nezahualcóyotl, Rey de Texcoco, por encargo del Rey Azteca Moctezuma, diseñó y dirigió la construcción de una albarrada o dique de 16 km de longitud para proteger a la Gran Tenochtitlán de las frecuentes inundaciones, al mismo tiempo que separaba las aguas dulces de las salobres.

Por otra parte, el abastecimiento de agua en esta época provenía de manantiales, y fue tam-

bién Nezahualcóyotl quien construyó el acueducto de Chapultepec con madera y argamasa, para conducir el agua hasta la ciudad.

Después de la conquista de México, consumada - por los españoles en 1521, las autoridades coloniales siguieron el sistema de los aztecas para contener las aguas, la primera obra importante realizada en el Valle fue la reconstrucción del acueducto de Chapultepec. En 1553, - ante la escasez de agua en la zona norte de la ciudad, se ordenó la construcción del acueducto Azcapotzalco-Tlatelolco, que captaba el - - agua de los manantiales de Xancopinca.

Entre 1575 y 1582 se construyó el acueducto de Belén que conducía agua de Chapultepec a lo - largo de la Calzada de San Pablo (actualmente Avenida Chapultepec) y terminaba en el pueblo del mismo nombre, entregando parte de su caudal en la pila del Salto del Agua.

A principios del Siglo XVII se edificó el acue

ducto de La Verónica, que corría por la que hoy es Avenida Melchor Ocampo hasta la pila de la Tlaxpana en la Calzada México-Tacuba, para ahí descender hasta la pila La Mariscal, frente al actual Palacio de Bellas Artes. Por otra parte, las inundaciones provocadas por los escurrimientos del Río Cuautitlán a la ciudad, se solucionaron con la construcción de un túnel en la zona de Nochistongo, localizada al noroeste del Valle de México. La obra se terminó en menos de un año y de esta manera la cuenca contó con su primera salida artificial.

A mediados del Siglo XVIII se construyó el acueducto de Guadalupe, con el cual se abastecía de agua a la zona del Tepeyac en el norte de la ciudad. Para aumentar el abastecimiento, a finales del siglo se captaron manantiales del Desierto de los Leones, cuyas aguas se condujeron hasta entroncar con los acueductos de Chapultepec y La Verónica, aprovechando la capacidad disponible de éstas obras.

Esta época se distinguió desde el punto de vista del sistema hidráulico, por la lucha contra las inundaciones y el desalojo del agua plu- - vial. Desde entónces ya se tenían problemas - en la disposición de las aguas residuales.

1.3.2 El Siglo XX

A principios del México independiente, la escasez de recursos no permitió la construcción de nuevas obras de captación y conducción. Sin - embargo, se mejoró la distribución del agua - construyendo nuevas pilas. En 1847 se inició en México la perforación de pozos a cielo - - abierto, ya que el abastecimiento de agua pro- porcionado por los manantiales resultó insufi- ciente; este método se popularizó rápidamente por su economía y en 1886 existían más de 1000 pozos. Posiblemente el hundimiento de la ciu- dad haya empezado desde entónces a razón de 5 cm por año, además la presión en el acuífero - disminuyó a causa de la extracción y, en conse- cuencia, también se redujo el caudal de los manantiales de Chapultepec.

Hacia 1856, las inundaciones eran cada vez más catastróficas, por lo que se decidió emprender nuevas obras de desagüe consistentes en el - - Gran Canal de Desagüe y en el Túnel de Tequisquiac, el cual constituyó la segunda salida artificial del Valle de México; ambas obras se iniciaron en el año de 1900.

1.3.3 El Siglo XX: Primeros 75 Años.

Como la población aumentaba rápidamente y había que abastecerla de agua, en 1899 el Ayuntamiento de la ciudad de México encargó al Ingeniero Manuel Marroquín y Rivera que realizara un estudio de posibles fuentes de abastecimiento.

En 1901 presentó su proyecto de Abastecimiento y Distribución de Aguas Potables para la ciudad de México, donde proponía el empleo de los manantiales de Xochimilco.

Entre 1905 y 1908 se construyó el acueducto de Xochimilco que consistía en captar 2,100 litros de agua por segundo de los manantiales La Noria, Nativitas, Santa Cruz y San Luis, por -

medio de dos bombas eléctricas instaladas en cada uno de ellos. Una vez captada el agua, - se bombeaba por un acueducto de 26 km de longitud hasta la planta de bombas de La Condesa, - elevándose hasta los cuatro tanques de regulación y distribución de Molino del Rey, cuya capacidad se diseñó para 50,000 m³ cada uno.

Todavía en 1908, cuando el acueducto de Xochimilco inició su operación, llegaba a La Condesa agua de Chapultepec y fue hasta 1912 cuando se suspendió la explotación de estos manantiales.

La Revolución Mexicana creó una conciencia sobre la propiedad nacional de los recursos naturales, así como de la necesidad de hacer una equitativa distribución de la riqueza pública y conservarla. Para satisfacer la demanda de la cada vez más creciente población del área metropolitana, se construyeron obras adicionales de captación, conducción y bombeo en el acueducto de Xochimilco, así como otros siste-

mas menores y pozos conectados directamente a la red.

En la década de los veintes, el Ingeniero Roberto Gayol propuso extraer el agua de fuentes vecinas al Valle de México, debido al acelerado hundimiento que estaba experimentando la ciudad. La idea de traer agua de la cuenca del Río Lerma, concebida a fines del Siglo XIX, se convirtió en un proyecto ejecutivo en la década de los 30's y en 1941 se iniciaron las obras de este proyecto. Para conducir el agua captada por medio de pozos en la cuenca del Lerma, se construyó un acueducto y el Túnel Atarasquillo-Dos Ríos de 15 km de longitud que atraviesa la Sierra de las Cruces, la cual divide las cuencas del Lerma y la del Valle de México.

Hacia 1950, la dotación de agua potable al Distrito Federal era teóricamente aceptable, sin embargo, el crecimiento demográfico continuaba y el número de pozos dentro del Valle seguía -

creciendo; para entonces el hundimiento registrado era de 50 cm por año, lo cual ocasionó fracturas en las cimentaciones de edificios y en el sistema de desagüe, siendo necesaria la ampliación del Gran Canal y la construcción -- del segundo Túnel de Tequisquiac. También se completó la red de colectores y se entubaron total o parcialmente los Ríos Churubusco, Mixcoac, La Piedad y Consulado.

De 1960 a 1961 se construyeron el Interceptor y el Emisor del Poniente, con el objeto de recibir y desalojar las aguas del oeste de la cuenca, y para 1970 se hizo necesario construir la primera etapa del drenaje profundo, que fue concluída en 1975, y constituyó una solución permanente y la cuarta salida del Valle de México construída por el hombre.

C A P I T U L O 2

EL PROBLEMA: EL DESBORDADO CRECIMIENTO DEMOGRAFICO

2.1 Introducción

La necesidad de racionalizar el uso del agua para evitar que las actuales fuentes de abastecimiento sean - insuficientes, es cada día más urgente. La población mundial crece continuamente y la demanda de agua para todos los usos: Doméstico, industrial y comercial, - además de los servicios, aumenta considerablemente; - este problema se agrava sobre todo en las grandes urbes como es el caso del Area Metropolitana del Valle de México, que de acuerdo a estudios demográficos será la ciudad más populosa del mundo a fines del presente Siglo (Cuadro 2.1)

En México, el volumen total que escurre por nuestros ríos y corrientes es de 410,000 millones de metros cú bicos al año y las aguas subterráneas, existentes en el 73 por ciento del Territorio Nacional suman 17,400 millones de metros cúbicos, ambas cifras invariables, lo cual obliga a pensar que debemos aplicar nuestros

mejores esfuerzos para lograr que con ese volumen se satisfagan las necesidades presentes y futuras de la creciente población, de acuerdo a los planes de desarrollo y lineamientos que el progreso de México demanda.

2.2 El Sistema Urbano.

La población del Distrito Federal ha crecido muy rápidamente a causa de una alta concentración de la actividad económica (Cuadro 2.2). El área urbana del Distrito Federal se ha incrementado junto con la población y hoy en día es una zona metropolitana que incluye 11 Municipios del vecino Estado de México (Lámina 2.1)

La dinámica del crecimiento de la ciudad durante este Siglo puede dividirse en tres períodos:

El primero abarca hasta el año de 1930, cuando en la ciudad central residía el 98% de la población, mientras que el 12% restante se distribuía en las delegaciones de Coyoacán y Azcapotzalco.

El segundo período, de 1930 a 1950, se caracterizó por el inicio de la desconcentración de comercios y servicios, del centro a la periferia inmediata a la ciudad, lo que aceleró el crecimiento demográfico en las delegaciones del Distrito Federal y en el Municipio de Naucalpan, Estado de México.

Durante el tercer período, de 1950 a la fecha, los límites se rebasaron definitivamente. Actualmente la tercera parte de la población del área urbana vive en los municipios del Estado de México, y la mayoría de ella labora en el Distrito Federal y utiliza su infraestructura urbana.

La velocidad y distribución del crecimiento demográfico, han ocasionado un crecimiento anárquico de la infraestructura para el manejo del agua dentro de la ciudad. Un aspecto importante del problema, lo constituyen las interferencias del sistema hidráulico con el sistema urbano, en particular ocasionadas por el hecho de que el Metro y los principales colectores del drenaje son estructuras subterráneas que están alojadas en profundidades semejantes (Lámina 2.2)

El sistema hidrológico con el que se relaciona el sistema hidráulico del Distrito Federal también ha ido extendiéndose a lo largo del tiempo (Lámina 2.3). Hace 657 años el sistema hidrológico se restringía a la cuenca del Valle de México, mientras que en los próximos 20 años será necesario transferir agua desde otras cuencas lejanas, como las de Oriental, Amacuzac, y Tecolutla.

2.2.1 Nivel del Servicio y Usos del Agua.

La capital de la República ocupa el primer lugar en cuanto a nivel del servicio en relación con las ciudades del resto del país (Lámina 2.4)

El caudal disponible de aproximadamente $40\text{m}^3/\text{s}$ distribuido entre los 14 millones de habitantes del Distrito Federal, significa una dotación promedio para todos los usos de 346 litros/hab-día, cifra que es inferior a la demanda de 360 litros/hab-día.

Con la información disponible, se estima que -

8 m³/s se utilizan en los servicios de tipo público o municipal y se incluyen también las pérdidas en el sistema de abastecimiento. Los 32 m³/s restantes del caudal con que se abastece el Distrito Federal se distribuyen de la manera mostrada en el Cuadro 2.3

Es importante señalar que dentro del Distrito Federal hay una gran concentración del uso industrial del agua (Lámina 2.5).

De acuerdo con las cifras que describen los niveles del servicio y los usos del agua, el 97% de la población servida, goza de una situación privilegiada. La dotación promedio para usos domésticos es de 189 litros/hab-día, sin embargo, se ha encontrado que varios millones de personas en el Distrito Federal reciben volúmenes diarios equivalentes a la tercera o cuarta parte de dicha dotación, es decir, la dotación del agua oscila de 40 litros/hab-día en los estratos de menores ingresos, hasta 650 litros/hab-día en los de altos ingresos.

En 1978, debido al acelerado y anárquico crecimiento urbano del Distrito Federal, fue indispensable incrementar la extracción del agua subterránea mediante dos acciones: La rehabilitación de pozos operados por el Departamento del Distrito Federal y la perforación de nuevos pozos, procurando ubicar estos últimos en donde el efecto de la sobreexplotación produjera los menores daños y cerca de colonias que no podían abastecerse con otras fuentes. Al terminar la temporada de lluvias de 1981 se disponía sólo de $38 \text{ m}^3/\text{s}$, inferiores a la demanda de $41 \text{ m}^3/\text{s}$, por lo que fue necesario contar con las aportaciones del sistema del Río Cutzamala, sin embargo, la oferta con que se cuenta $40 \text{ m}^3/\text{s}$ es menor que la actual demanda, por lo que el sistema de abastecimiento tiene que trabajar con un factor de seguridad menor a la unidad (Lámina 2.6)

De seguir con los actuales ritmos de explotación, se corre el riesgo de perder irreversiblemente las fuentes de abastecimiento más

importantes para la Ciudad de México, por lo -
cual se ha elaborado un programa para reducir
la explotación de agua subterránea en $15 \text{ m}^3/\text{s}$,
(Lámina 2.7). Por otra parte, aún cuando se -
cuenta con las aportaciones de las cuencas del
Cutzamala, Amacuzac y Tecolutla en el año 2000,
la oferta sería de $50 \text{ m}^3/\text{s}$, que es mucho menor
que la demanda de $72 \text{ m}^3/\text{s}$ prevista para ese -
año, por lo tanto, es muy urgente que se incor-
poren al programa de abastecimiento de agua en
bloque proyectos más cercanos y menos costosos
tales como el acuífero de Apan y la presa de -
Guadalupe, en el Valle de México; el sistema -
Tepeji-Tlautla-Rosas, en la cuenca del Río Tu-
lla y el acuífero de Libres-Oriental, en el Es-
tado de Puebla.

Aún cuando se disminuya la sobreexplotación de
los acuíferos de los Valles de México y Lerma,
será indispensable que se conserve la capaci-
dad de bombeo instalada, con el fin de poder -
sobreexplotarlos temporalmente cuando se pre-
sente una sequía o alguna otra emergencia que

afecte las fuentes superficiales.

2.2.2 Sistema de Agua Potable

Los sistemas de abastecimiento de agua para el Distrito Federal son operados por el Departamento del Distrito Federal y por la Comisión de Aguas del Valle de México (Cuadro 2.4)

El caudal disponible de $40 \text{ m}^3/\text{s}$ se distribuyen a través de una red primaria de 540 km de longitud y una red secundaria formada por 11,700 km. de tubería, finalmente para hacer llegar el agua a los usuarios, existen alrededor de dos millones de tomas (Lámina 2.8)

Como ya se ha mencionado, la sobreexplotación de los acuíferos y el acelerado crecimiento demográfico ocasionan el deterioro de la calidad del agua subterránea. Hasta ahora ha sido suficiente desinfectar el agua con plantas cloradas y sólo en algunos casos aislados es necesario dar tratamientos más complejos. La infraestructura con que se cuenta para controlar la

calidad del agua, está integrada por 234 pequeñas plantas de cloración diseminadas en toda la ciudad (Lámina 2.9 y Cuadro 2.5)

En los últimos 25 años a través de análisis de laboratorio, se ha encontrado una evolución - desfavorable en los parámetros físicos y químicos del agua (Cuadro 2.6), ésto hace necesario que la desinfección con cloro se complete con procesos de potabilización más complicados lo cual significa una inversión mayor. Ante esta situación, resulta atractivo reutilizar el agua aprovechando la capacidad instalada.

Actualmente, la red de aguas renovadas consta de 500 km (Lámina 2.10) y es posible aprovechar hasta el 59% de la capacidad disponible, o sea un caudal de $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual se destina para los servicios públicos y para algunas actividades de la industria de la construcción (Cuadro 2.7). Sin embargo, hace falta rehabilitar las plantas de Acueducto de Guadalupe y de Xochimilco, que tienen una capacidad insta-

lada de $1.33 \text{ m}^3/\text{s}$; asimismo, es indispensable reglamentar las descargas que puedan arrojar - al drenaje las industrias y otros usuarios.

Existe la necesidad impostergable de reducir - la demanda de agua; según los estudios demográficos del Colegio de México, la población del Distrito Federal crecerá en un 70% y si se mantienen los patrones de consumo de agua, es decir, una dotación de 360 litros/hab-día para - el año 2000 la demanda será de $72 \text{ m}^3/\text{s}$, lo - - cual significa que en promedio habría que incorporar $2.6 \text{ m}^3/\text{s}$ cada año (Cuadro 2.6 y Lámina 2.11)

C A P I T U L O 3

LAS SOLUCIONES

3.1 Los Pozos en el Valle de México.

La Ciudad de México enfrenta desde sus orígenes, una incesante lucha por y contra el agua. Las características climatológicas y geohidrológicas de la cuenca del Valle de México, han impedido que este recurso se aproveche en mayor medida para satisfacer las necesidades de sus pobladores.

En un principio, el abastecimiento de agua del Valle se resolvió mediante el empleo de los manantiales dentro del mismo, pero éstos fueron desapareciendo al abatirse su nivel piezométrico, a causa del bombeo al que fueron sujetos; asimismo, la demanda era creciente y su satisfacción impostergable, por lo que fue necesario iniciar a mediados del Siglo pasado la construcción de captaciones a base de pozos someros. En 1847 existían casi 500 pozos y más de 1,000 en 1886, a través de los cuales era posible extraer un gasto -

importante, sin embargo, la explotación de los acuíferos dio origen al problema del hundimiento del terreno y también provocó la reducción substancial del caudal de los manantiales.

La construcción del Gran Canal y del Túnel de Tequisquiac, propició nuevos asentamientos y una mayor concentración de la población, lo cual aunado al desarrollo industrial registrado en torno a la Segunda Guerra Mundial, hizo crecer la demanda del vital líquido.

La extracción de los pozos debió incrementarse poco a poco hasta 1936. posiblemente gracias a que en 1913 se terminó el acueducto que captaba las aguas de los manantiales de Xochimilco, con un caudal de $2.6 \text{ m}^3/\text{s}$. De 1936 a 1944 se advierte una deficiencia en las fuentes abastecedoras de agua y en ese lapso el Gobierno de la ciudad inició la perforación de los primeros 93 pozos profundos; lo anterior ocasionó que el hundimiento en el centro de la ciudad se incrementara de 5 a 18 cm por año, entre 1938 y 1948.

El déficit en el suministro de agua a la ciudad, hizo que en 1942 se iniciaran las obras para captar los -

manantiales del Valle de Toluca, sin embargo, éstas - obras se retrasaron hasta 1951, año en el que todavía se perforaron otros 10 pozos municipales profundos. Ante el acelerado hundimiento del subsuelo registrado, en 1954 se suspendieron los permisos para perforar pozos particulares. No obstante, en 1955 hubo necesi--dad de perforar 10 pozos municipales y apesar de que dos años más tarde se inauguró el acueducto de los pozos de Chiconautla con un caudal de 3 m³/s, y en 1958 el de los pozos del Peñón,, con un caudal de 1 m³/s, entre 1960 y 1967 se perforaron alrededor de 50 pozos municipales, esta vez alejados del centro de la ciu--dad, pero muchos de ellos situados en zonas arcillosas, por lo que también se originaron hundimientos aunque en el centro éstos se redujeron notablemente entre -- 1960 y 1970.

Ante el aumento en la demanda de agua y en los costos para satisfacerla, se vió la convenciencia de tratar las aguas residuales, así en 1954 se comenzó a operar la primera planta de tratamiento de aguas residuales, ubicada en el Bosque de Chapultepec.

Por otra parte, en el centro del Distrito Federal los

hundimientos provocaron que el drenaje, proyectado para trabajar por gravedad, requiriera de bombeo para elevar las aguas hasta el nivel del Gran Canal. De 1952 a 1966 se instalaron 29 plantas de bombeo, lo que implicó un notable incremento en los costos de operación y mantenimiento. También se completó la red de colectores y se entubaron total o parcialmente los ríos que conducían aguas residuales.

En la Lámina 3.1 se ilustra el problema del hundimiento del terreno. El Gran Canal que a principios del Siglo tenía una pendiente de 19 cm/km, en la actualidad es prácticamente horizontal. En 1910, el nivel del Lago de Texcoco que regulaba las aguas del Gran Canal, se encontraba a 1.90 metros por debajo del centro de la ciudad; en 1970, el hundimiento había sido tal que el Lago se encontraba a 5.5 metros por encima del centro de la ciudad. El desmesurado crecimiento urbano del Distrito Federal y el problema del asentamiento del subsuelo, volvió insuficiente las capacidades de drenaje del Gran Canal y del Emisor del Poniente, por lo que fue necesario construir la primera etapa del drenaje profundo, terminada en 1975.

Ante la creciente urbanización, las zonas de recarga de la cuenca han disminuido y los acuíferos del Valle de México son sobreexplotados, del caudal de $60 \text{ m}^3/\text{s}$ de que se dispone, $40 \text{ m}^3/\text{s}$ se extraen del mismo; así el acuífero del Valle de México se constituye como el principal abastecedor de agua para el Area Metropolitana, además de la extracción para usos urbanos el agua es explotada para usos agrícolas dentro de la cuenca.

Actualmente, están en operación los sistemas de pozos Xochimilco-Mixquic-Xotepingo, Chiconautla y los cinco sistemas de la Comisión de Aguas del Valle de México, además de 199 pozos municipales y 538 pozos particulares que en conjunto aportan un caudal de $28.5 \text{ m}^3/\text{s}$ para el abastecimiento de agua (Lámina 3.2)

Los pozos de Xochimilco-Mixquic-Xotepingo se localizan en el sureste del Distrito Federal y constituyen el primer conjunto de pozos que empezó a funcionar como sistema en el presente Siglo. Su primera etapa se inició en 1913 con la captación de aguas de manantiales y su aportación se ha mantenido prácticamente constante a pesar de que el acuífero del que se abas-

tece se ha sobreexplotado aproximadamente en $3 \text{ m}^3/\text{s}$. En este acuífero, formado por rocas volcánicas, se -- han perforado recientemente como parte del programa -- de acción inmediata, 10 pozos que aportan $1.15 \text{ m}^3/\text{s}$ y se planea perforar otros diez. Con el objeto de que su explotación no incrementara los asentamientos en -- los suelos lacustres del Valle, dichos pozos se ubica -- ron en plena sierra.

El caudal de los pozos perforados por la C.A.V.M., se integró a la red de abastecimiento, desde 1977. Se -- localizan al sur del Distrito Federal, a lo largo del Anillo Periférico y en Tláhuac-Nezahualcóyotl; y al -- norte del Valle, en la zona Los Reyes-Teoloyucan y -- aportan en conjunto a la ciudad $10.6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Los pozos del Chiconautla se han perforado para ex -- traer agua de un acuífero independiente de los otros sistemas, por lo que su sobreexplotación no provoca -- asentamientos en la ciudad. Sin embargo, las extrac -- ciones de este sistema y las efectuadas mediante los pozos de la C.A.V.M. ubicados en la misma zona, oca -- sionan abatimientos anuales de 60 cm en el nivel freá

tico. Algo semejante ocurre en el sureste, en donde existen inteferencias del sistema Xochimilco-Mixquic-Xotepingo con los pozos perforados recientemente por la C.A.V.M.

Finalmente, las únicas captaciones de agua superficial correspondientes al Río Magdalena aportan 200 -- l/s, y un pequeño conjunto de manantiales 300 l/s, los cuales son introducidos directamente a la red de distribución.

3.2 Los Pozos en el Valle de Toluca.

A pesar de todas las acciones tomadas, la demanda de la ciudad no quedaba satisfecha, por ello, en 1951 se inició la transferencia de aguas subterráneas de la cuenca del Río Lerma, en el Valle de Toluca, hacia el Valle de México. El sistema del Río Lerma consta de 234 pozos ubicados en el Estado de México.

De 1974 a 1975 se extrajeron los máximos caudales, al rededor de $14 \text{ m}^3/\text{s}$; pero a partir de 1972 una parte se empezó a derivar al Área Metropolitana de la ciudad de México ubicada en el Estado del mismo nombre,

hasta llegar a poco más de $1 \text{ m}^3/\text{s}$, cifra que se ha -- conservado hasta la fecha. En cambio, por los abati- mientos de los niveles freáticos y la consecuente dis- minución en los volúmenes extraídos, el gasto recibi- do por el Distrito Federal se ha reducido a $9.4 \text{ m}^3/\text{s}$; como ya se ha dicho, de Febrero a Mayo este último - caudal se reduce en $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ para realizar el riego - agrícola de punteo en el Valle del Lerma, que es la - zona de extracción.

En resumen, todos los acuíferos que abastecen a los - sistemas de aguas subterráneas están sobreexplotados y es urgente reducir substancialmente las extraccio- nes, para poder así restablecer el balance hidrológi- co del Valle de México; sin embargo, no se puede de- jar de atender la demanda existente y por esta razón se ha hecho necesario planear el suministro de agua - al área metropolitana de la Ciudad de México, a par- tir de la transferencia de agua desde cuencas lejanas que al estar localizadas a cotas inferiores a la de - la ciudad, representan inversiones costosas económica y socialmente.

3.3 Las Cinco Cuencas Externas.

Ante el problema de la sobreexplotación, en 1972 la Comisión de Aguas del Valle de México continuó los estudios de abastecimiento de agua iniciados por la extinta Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, los cuales incluían diversas alternativas, desde captaciones cercanas al Valle hasta cuencas hidrológicas tan lejanas como la del Río Papaloapan, prestando especial atención en estos análisis en dejar reservas para los usos locales presentes y futuros, además de que se analizó su factibilidad hidrológica, técnica, política, social, económica y financiera. Se correlacionaron caudales disponibles, longitud del recorrido, desniveles respecto a los puntos de captación y entrega, energía para su operación, topografía, calidad del agua, tenencia de la tierra, aspectos tecnológicos, cambio del uso del agua y sus consecuencias.

Las regiones más viables para este abastecimiento con fuentes externas, correspondieron a las siguientes cuencas: Cutzamala al oeste, Tecolutla y Oriental al

este, Amacuzac al sur y Tula (Taxhimay) al norte, aportando 19, 15, 7, 11 y 2.5 m³/s respectivamente, con lo que se estima que podrán cubrirse las demandas de agua para el año 2000 (Lámina 3.3)

Tomando en consideración los múltiples lugares de aprovechamiento existentes del agua de las cuencas Cutzamala, Tecolutla, Amacuzac y Oriental y sus posibles combinaciones, el número total de alternativas para integrar un plan de abastecimiento al Area Metropolitana de la Ciudad de México, es muy elevado. No obstante lo anterior, la comparación económica y técnica de dichas alternativas hace posible limitar éstas a la combinación de los siguientes proyectos:

C U E N C A	Q _{AMCM} m ³ /s	Nº PB	HB m	Lt Km	P MW	E GWH/AÑO
ALTO CUTZAMALA						
A = 10,738 Km ²	19	6	1,100	230	188	1650
ALTO AMACUZAC						
A = 9,470 Km ²	13	7	1,844	198	259	2265
ALTO TECOLUTLA						
A = 7,903 Km ²	22	10	3,178	398	520	4798
LIBRES-ORIENTAL						
A = 5,232 Km ²	7	7	571	191	32	268

3.4 La Obra del Alto Cutzamala.

3.4.1 Descripción General.

El proyecto consiste en el aprovechamiento -- de siete presas de almacenamiento y de derivación, correspondientes a la cuenca alta del -- Río Cutzamala; la construcción de un vaso regulador y un acueducto de 127 km que incluye -- 19 km de túneles y 7.5 km de canal; la construcción de una Planta Potabilizadora con capacidad de 24 m³/s; seis plantas de bombeo -- para vencer un desnivel de hasta 1,100 metros cuya operación requerirá de una energía total de 1650 millones de kilowatts hora por año -- y 24 km de túneles dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México que corresponden a los ramales Norte y Sur de 12.5 y 11.5 km respectivamente para la distribución del -- agua al Estado de México y al Distrito Federal.

Su ejecución se inició en 1976 mediante tres etapas constructivas de 4, 7 y 8 m³/s respectivamente.

3.4.2 Primera Etapa.

La primera etapa se encuentra totalmente construida y en operación desde el 3 de Mayo de 1982, aporta 4 m³/s procedentes de la Presa Villa Victoria, que se conducen a través del Canal Martínez de Meza de 12 km de longitud, al primero de seis módulos de la Planta Potabilizadora de Berros y posteriormente se realiza su bombeo en la Planta No. 5, venciendo una carga total de 174 m para conducir el agua a través de un acueducto de tubería de concreto preesforzado de 2.50 m de diámetro y 12 m³/s de capacidad en una longitud de 77 km, atravesando la Sierra de las Cruces en la parte noroeste del Area Metropolitana mediante el túnel de 15 km Atarasquillo-Dos Ríos, ya construido, que conduce también las aguas del Alto Lerma, iniciándose en Dos Ríos la distribución del agua.

3.4.3 Segunda Etapa.

La segunda etapa consiste en la captación y -- conducción de $7 \text{ m}^3/\text{s}$ de los cuales se aprove-- chan $6 \text{ m}^3/\text{s}$ de la Presa Valle de Bravo y $1 \text{ m}^3/\text{s}$ de la Presa Chilesdo, actualmente en construc-- ción.

Para ello se ha construído la conducción de la Presa Valle de Bravo a la Planta Potabilizado-- ra de Berros, que incluye tuberías de acero de alta y baja presión, con diámetros que fluc-- túan entre 1.83 y 3.27 m, en una longitud to-- tal de 3.7 km, así como las Plantas de Bombeo 2, 3 y 4 para vencer una carga de 122, 350 y - 370 m respectivamente.

En las Plantas 2, 3 y 4 se han instalado para la Segunda Etapa los primeros tres equipos de $4 \text{ m}^3/\text{s}$ de un total de seis que tendrá cada una de ellas.

Cabe mencionar que en éste aspecto las magnitu-- des de los motores de las plantas de bombeo -

alcanzan niveles extraordinarios, ya que para vencer cargas de hasta 350 m se ha requerido - de una potencia de 21,700 caballos de fuerza - para cada caso.

Todas las Plantas de Bombeo cuentan con una torre de sumergencia y una de oscilación; la primera tiene como función proporcionar la carga y volumen que requieren los equipos de bombeo para su arranque y la segunda, evitar el golpe de ariete en la tubería de presión de acero - que va de la Planta de Bombeo a la Torre de Oscilación, eliminando dicho golpe del resto de la conducción.

Estas torres de sumergencia y oscilación, son estructuras cilíndricas de concreto reforzado, de colado continuo, con altura variable de 37 a 58 m, teniendo diámetros interiores de 10m y en sus paredes espesores de hasta 1.60 m.

También se construye el vaso Donato Guerra que funciona como regulador, enviando por gravedad hasta 19 m³/s a la Planta Potabilizadora para

asegurar en ésta un suministro continuo durante las 24 horas, ya que el proyecto contempla dejar de bombear agua de las presas Valle de Bravo y Colorines durante 4 horas al día, para permitir la generación de energía eléctrica en las horas de mayor demanda.

A partir de esta obra, se conducen los caudales mediante un canal abierto de sección trapezoidal con longitud de 7.5 km y capacidad de 24 m³/s, hasta el portal de entrada del túnel Agua Escondida de sección de herradura de 4.2m y longitud de 3.1 km.

Del portal de salida de este túnel se conduce el agua mediante tubería de concreto hasta el tanque receptor de aguas crudas de la Planta Potabilizadora.

La presa derivadora de Chilesdo actualmente en construcción, permitirá enviar a la Planta Potabilizadora hasta 5 m³/s durante la época de avenidas, mediante la Planta de Bombeo No. 6 y su torre de oscilación, con un gasto medio -

anual de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ a través de tubería de concreto preesforzado y de acero de alta presión en 11.3 km.

La capacidad total de la Planta Potabilizadora será de $24 \text{ m}^3/\text{s}$ con 6 módulos de potabilización de $4 \text{ m}^3/\text{s}$ cada uno.

En la Planta de Bombeo No. 5 además de los equipos que operan en la Primera Etapa, se dispone de tres bombas con capacidad de $4 \text{ m}^3/\text{s}$, para esta Segunda Etapa, que elevarán el agua 174 m hasta la torre de oscilación No. 5 y a partir de este punto se inicia la conducción por gravedad a través del acueducto de 77 km hasta el portal de entrada del túnel Analco-San José, de 16 km de longitud y de sección portal de 4.60 m de diámetro y con capacidad de $34 \text{ m}^3/\text{s}$ que atraviesa la Sierra de las Cruces y por el cual se conducirán a partir de 1986 los caudales de la Primera y Segunda Etapa y a la terminación de las obras de la Tercera Etapa la conducción del total de $19 \text{ m}^3/\text{s}$

con que cuenta el Sistema.

3.4.4 Tercera Etapa.

La Tercera Etapa, permitirá captar en la presa derivadora de Colorines $8 \text{ m}^3/\text{s}$ procedentes de las presas Tuxpan y el Bosque en el Estado de Michoacán e Ixtapan del Oro, en el Estado de México, para lo cual se construyen: La Planta de Bombeo No. 1 "Colorines", para una capacidad de $20 \text{ m}^3/\text{s}$ y una carga de 157 m; la conducción de 4 km de Colorines a Valle de Bravo; la segunda tubería de 2.50 m de diámetro con capacidad de $12 \text{ m}^3/\text{s}$ entre Valle de Bravo y el túnel Analco-San José, con 90 km de longitud; la instalación de los 3 equipos de bombeo faltantes de las plantas 2, 3, 4 y 5, y tres módulos de potabilización requeridos para el tratamiento. (Láminas 3.4 y 3.5)

C A P I T U L O 4

LA CUENCA DE ORIENTAL, PUE.

4.1 Antecedentes.

Con base en estudios demográficos y a la demanda de agua, la C.A.V.M. elaboró un Plan Maestro que propone obras de construcción inmediata y mediata que permitirán asegurar el suministro de agua potable hasta el año 2020.

Las obras para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la cuenca de Oriental forman parte del conjunto de obras de la etapa inmediata. El caudal que el Sistema Oriental permitirá explotar hacia la Ciudad de México es de $7 \text{ m}^3/\text{s}$, dejando un caudal de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ como reserva del total explotable en la cuenca de Oriental para satisfacer las futuras necesidades que demande el desarrollo de la región.

4.2 Localización y Características de las Zonas de Captación y Conducción del Sistema Oriental, Pue.

El Sistema Oriental se encuentra situado en una región comprendida entre los meridianos $97^{\circ}15'$ y 99° de longitud oeste y los paralelos 19° y $19^{\circ}30'$ de latitud norte.

Las líneas de captación del sistema se localizan dentro de la cuenca de Oriental, cuya superficie aproximada es de $5,232 \text{ km}^2$, perteneciente a los estados de Veracruz (porción noreste), Puebla (porción centro, norte y sur) y Tlaxcala (porción oeste).

Desde el punto de vista de sus escurrimientos superficiales, la cuenca de Oriental está cerrada por varias sierras cuyas cimas constituyen el parteaguas de la misma y que rodean a la planicie ubicada en la parte central del Valle de Oriental, a una elevación media de 2,335 metros sobre el nivel del mar.

Al norte de la cuenca se encuentra la sierra que divide a los valles del Oriental y Tehuacán, con elevaciones hasta de 2,965 m; al oriente la Sierra Madre Oriental con elevaciones hasta de 5,700 m en el pico de Orizaba y de 4,900 m en el Cofre de Perote; y al poniente la sierra que limita con la cuenca del Río -

Apizaco, con elevaciones hasta de 4,451 m en el Cerro de la Malinche.

La zona que atraviesa la conducción del sistema pertenece al Valle de México dentro de los estados de Tlaxcala, Hidalgo y México y en ella se encuentran la - - cuenca del Río Apizaco y las subcuencas de Tochac y Apan. Limita el sur con la Sierra de Río Frío, al - norte y al este con una serie de aparatos volcánicos que comprenden los cerros de Soltepec, Santa Ana, San Jerónimo y Tetzoyo y al oeste con la Sierra de Mal - país. La parte central corresponde a la planicie, li - mitada al noroeste por el cerro de Chiconautla y ce - rro Gordo y al sureste por la Sierra de Patlachique.

4.3 Descripción del Sistema de Obras para Aprovechar las Aguas Subterráneas de la Cuenca de Oriental, Pue.

El conjunto de obras del Sistema Oriental está inte - grado por tres líneas de captación y una de conduc - ción. Las líneas de captación se denominan: Línea - de Pozos No. 1 (Ramal Oeste); Línea de Pozos No. 2 - (Ramal Norte) y Línea de Pozos No. 3 (Ramal Este).

Las líneas 1 y 2 son colineales y se combinan en una sola que se designa como Línea de Pozos 2-1. La Línea de conducción tiene dos tramos: El primero a bombeo y el segundo a gravedad.

A las líneas de captación descargan en total 95 pozos que extraerán de la cuenca de Oriental un caudal conjunto de $7 \text{ m}^3/\text{s}$, para entregarse en bloque en el tanque de regulación Chiconautla, localizado a la elevación de 2,351.60 metros sobre el nivel del mar.

El sistema cuenta con cuatro estaciones de bombeo - en las líneas de captación y tres en la de conducción (tramo a bombeo), para vencer un desnivel topográfico de aproximadamente 200 metros y las pérdidas de carga inherentes. Asimismo, a lo largo de las líneas, el sistema cuenta con cajas rompedoras de presión, cámaras de oscilación y válvulas de admisión y expulsión de aire necesarias para el mejor funcionamiento del sistema.

4.3.1 Líneas de Captación.

a) Línea de Pozos 2 - 1.

Se designa con el nombre de Línea de Pozos 2-1 a la combinación de los ramales de captación Norte (Línea 2) y Oeste (Línea 1), - que tienen un trazo colineal.

El ramal Norte o Línea 2 se inicia en las - inmediaciones de la estación Ocotepc del - FF.CC. Tezuitlán-Puebla (el Pozo No. 1 se - localizó a 500 m de la colonia ejidal Igna- - cio Allende), sigue paralelo a la vía y pa- - sa por las poblaciones de Libres, Oriental y El Carmen hasta descargar en la estación de rebombeo Ojo de Agua. Esta Línea está - formada por un primer tramo de 22.540 km - donde descargan veinticinco pozos, de los - cuales veinte se consideran de operaci^on - normal y cinco de reserva; y un segundo tra - mo de 17.337 km sin pozos. La longitud to - tal de la Línea 2 es de 39.877 km.

El ramal Oeste o Línea 1, sale de la esta- - ción de rebombeo Ojo de Agua y sigue un tra - zo que se aleja de la vía del ferrocarril y

de la carretera Puebla-Teziutlán con objeto de que los pozos queden localizados fuera de la zona de lagunas, donde el agua subterránea es de menor calidad.

A esta línea descargan veinticinco pozos en operación que se localizan en el tramo entre las estaciones de bombeo Ojo de Agua y Tamariz, en una extensión de 15.398 km y cinco pozos de reserva, ubicados en el tramo después de Tamariz pero con descarga hacia dicha estación en una longitud de 2.655 km. La longitud total de la Línea 1 es de 18.055 km.

En el punto más alto de la línea de pozos 1 se localiza la caja rompedora de presión Cuapiaxtla, que es donde el escurrimiento deja de ser a bombeo y pasa a gravedad.

Para hacer llegar el agua hasta Tamariz, la Línea 2-1 cuenta con la estación de bombeo Ojo de Agua, ubicada al final de la línea 2 y al principio de la Línea 1 (Cuadro 4.1).

- b) La Línea 3, que se designa también como Ramal Este, comienza en las cercanías de la población de Quechulac y pasa por las de - Guadalupe, Victoria, Aljojuca, San Juan - Atenco y Rafael Lara Grajales, para terminar en la estación de rebombeo Tamariz donde se une con la Línea 2-1.

Esta línea cuenta en su primer tramo de - 32.86 km con treinta y dos pozos en operación y ocho de reserva y el segundo tramo, sin pozos, con una longitud de 43.876 km. La longitud total de la línea 3 es de - - 76.736 km.

Para vencer el desnivel topográfico y po-- uer conducir el agua hasta Tamariz, la lí- nea 3 cuenta con las plantas de rebombeo - denominadas: Quechulac, Guadalupe, Victo- ria y Santa Cecilia.

En el punto más alto de la línea de pozos se encuentra la caja rompedora de presión "Venustiano", esta localizada en el tramo

entre las estaciones de rebombear Guadalupe Victoria y Santa Cecilia. Por otra parte, cerca de la población de Aljojuca se localiza la cámara de oscilación Tecuitlapa, que evitará la discontinuidad del escurrimiento y daños a la tubería cuando ocurran interrupciones en el suministro de energía eléctrica.

En el tramo entre las estaciones de bombeo Santa Cecilia y Tamariz, después de la cámara de oscilación "Tecuitlapa", se localiza la caja rompedora de presión "Aljojuca". (Cuadro 4.2)

c) Equipamiento de Pozos.

El proyecto del equipamiento de pozos tomó en consideración el anteproyecto electromecánico, así como el proyecto de las líneas de captación y la información necesaria proporcionada por la C.A.V.M. en relación con los niveles estáticos de perforación y además de los pozos.

Para el equipamiento de los pozos se consideran bombas tipo turbina de pozo profundo y motores eléctricos verticales de inducción de flecha hueca, de servicio a la intemperie, de tres fases y 440 volts, con arranque a tensión reducida. (Cuadro 4.3)

4.3.2 Línea de Conducción.

a) Tramo a Bombeo.

La línea de conducción del Sistema Oriental se inicia en la estación de rebombeo Tamariz y termina en el tanque de regulación Chiconautla.

El tramo a bombeo queda comprendido entre la estación Tamariz y el tanque de transición "Iturbe", con una longitud de 77.622 Km.

Para conducir el agua hasta Iturbe se requieren las estaciones de rebombeo: Tamariz, Huamantla y Guadalupe, para vencer un

desnivel topográfico de 145 m, así como las pérdidas de fricción y otras menores que en la tubería se presentan.

El trazo de la línea sigue paralelo a la vía del ferrocarril Mexicano e Interoceánico y pasa por sus estaciones de Tamariz, Muñoz, Calderón e Iturbe, así como por las poblaciones de Huamantla y Apizaco.

Después de la estación de rebombear Huamantla y antes de la estación Guadalupe, existe un punto alto donde se localiza la caja rompedora de presión "Acocotla". De esta caja - hasta la estación Guadalupe el agua escurre por gravedad.

Por otra parte, pasando la estación de rebombear Guadalupe y cerca de la estación Calderón, se localiza la cámara de oscilación "Calderón". Esta cámara es necesaria para evitar que el gradiente hidráulico corte al terreno y a la tubería, cuando ocurran interrupciones en el servicio de energía eléctrica. (Cuadro 4.4)

b) Tramo a Gravedad.

El tramo a gravedad de la conducción queda comprendido entre el tanque de transición - Iturbe y el tanque regulador Chiconautla.

El trazo de la línea sigue en gran parte de su recorrido paralelo a la vía del ferrocarril Interoceánico y Mexicano, pasando por sus estaciones: Veloz, San Lorenzo e Irolo y las poblaciones de Emiliano Zapata, Nopaltepec y Otumba.

A partir de Otumba su trazo sigue paralelo a las líneas de transmisión de energía eléctrica, de las cuales se desvía para subir - al cerro de Chiconautla, donde se localiza el tanque del mismo nombre, a la elevación 2,351.60 m.

En el tramo a gravedad la línea pasa por un punto elevado donde se localiza la caja rompedora de presión "Xala". (Cuadro 4.5)

4.3.3 Estaciones de Rebombéo.

a) Captación.

En las líneas de captación 2-1 y 3, se tienen las estaciones de rebombéo: Ojo de - - Agua, Quechulac, Guadalupe Victoria y Santa Cecilia, respectivamente. El proyecto electromecánico de dichas estaciones comprende la selección y dimensionamiento de los si--guientes equipos:

Bombas, fontanería, motores, subestaciones e instalacines, además de los aspectos de -operación de los mismos.

Los criterios utilizados para la selección de los equipos fueron los siguientes:

- Utilizar equipos de fabricación nacional estándar.
- Uniformizar los equipos en las estacio--nes de rebombéo.
- Facilitar la operación y mantenimiento - del mismo.

Para la operación en estaciones de rebombeo los criterios que se utilizaron en el proyecto de los equipos fueron los siguientes:

- Operación continua.
- Carga de bombeo con operación constante.
- Arranque secuencial de equipos.
- Suspensión de servicio, únicamente por fallas locales y en el suministro de energía eléctrica.

Con base en estos criterios se definieron las características de las estaciones de bombeo y de sus equipos electromecánicos:

- Cárcamo húmedo, con regulación y uniformidad adicional en la estación.
- Bombas verticales de flujo mixto.
- Arranque de los motores a tensión plena.
- Subestación compacta tipo intemperie y tensión de alimentación a 34.5 KV.
- Comunicación entre las estaciones por me

dio de teléfono y/o radio.

- Señalización a un control central en la estación Tamariz con opción a control de arranque y paro de las bombas en pozos y estaciones de rebombeo en las líneas de captación.

b) Conducción.

En la línea de conducción se cuenta con las estaciones de rebombeo: Tamariz, Huamantla y Guadalupe. El proyecto electromecánico de estas estaciones considera los criterios para la selección y operación de sus equipos que ya se mencionaron en la captación y que permitieron definir y seleccionar las dimensiones de los cárcamos y sus equipos.

En el Cuadro 4.6 se presentan las características de las estaciones de rebombeo y equipos en las líneas de captación y conducción.

4.3.4 Estructuras.

Para la captación y conducción del agua desde la Cuenca de Oriental a la zona metropolitana de la Ciudad de México, se requiere de la construcción de diversas estructuras, las cuales - deben ofrecer entre otras ventajas la facili--dad en los procedimientos constructivos y el - ahorro en mano de obra y materiales, además de garantizar el óptimo funcionamiento del siste-
ma.

En las líneas de captación y conducción del - Sistema Oriental se cuentan con las siguientes estructuras:

- Cárcamos de rebombeo.
- Tanques reguladores.
- Cajas rompedoras de presión.
- Cámaras de oscilación.
- Atraques.
- Cruzamientos.
- Edificios, casetas y bodegas.

A continuación se hace una breve descripción - del diseño, construcción y funcionamiento de - cada una de las estructuras mencionadas:

a) Cárcamos de Rebombeo y Tanques Reguladores.

Los tanques reguladores están integrados a los cárcamos de rebombeo, con el fin de poder captar los volúmenes de agua de las líneas cuando se presenten interrupciones debido a fallas en los equipos de bombeo o en el suministro de energía eléctrica.

La estructura de dichos tanques se calcula para que resista:

- Los empujes hidrostáticos externos o de flotación, causados por niveles freáticos mayores que el desplante de la estructura, y
- Los empujes laterales dentro de la misma y los del terreno cuando no haya niveles freáticos altos.

Estos esfuerzos dan como resultado dos tipos de estructuras; en el primer caso, consiste de marcos formados por contratraves y losa inferior, contrafuertes y muros laterales, traveses y losa superior y columnas; en el segundo caso, la estructura es a base de muros de contención, losa superior, columnas y zapatas aisladas. En ambos casos el análisis estructural se realiza considerando el cárcamo lleno sin empuje del terreno y cárcamo vacío con empuje del terreno.

La estructura de los cárcamos de rebombeo está aislada de la de los tanques, ya que por su funcionamiento éstos requieren de mayor profundidad de cimentación. Sin embargo, se utilizan los mismos criterios de diseño pero se debe proveer el alojamiento de los equipos de bombeo en la losa superior.

En el Sistema se tienen cárcamos y tanques reguladores en las siguientes estaciones de rebombeo:

Línea de Pozos 2-1:

Ojo de Agua

Quechulac

Línea de Pozos 3:

Guadalupe Victoria

Santa Cecilia

Línea de Conducción:

Tamariz

Huamantla

Guadalupe

El principal tanque regulador del Sistema, se localiza en Chiconautla, tiene una capacidad de 100,000 m³ para que pueda recibir el agua en bloque y de ahí conducirla hacia la red de distribución en la zona norte del área metropolitana de la Ciudad de México.

b) Cajas Rompedoras de Presión.

Estas estructuras tienen como función subdividir las líneas en varios tramos para - -

racilitar la operación del sistema. Se localizan en los puntos altos de las líneas, donde el gradiente hidráulico de operación normal queda muy cercano al terreno. Si no se contara con las cajas rompedoras de presión, al haber interrupciones en el bombeo, ya sea por fallas en el suministro de energía eléctrica o por fallas en el equipo, el gradiente hidráulico descendería hasta cortar el terreno lo cual provocaría daños a la tubería y perjudicaría el funcionamiento del Sistema.

Las cajas rompedoras son estructuras de concreto armado parcialmente enterradas, hechas a base de contrafuertes, muros laterales, trabes y losas superior e inferior.

Encontramos este tipo de estructuras en los siguientes sitios:

Línea de Pozos 1:

Cuapixtla

Línea de Pozos 3:

Venustiano

Aljojuca

Línea de Conducción:

Acocotla

Iturbe *

Xala

*Este tanque se considera como de transición en los tramos a bombeo y a gravedad en la línea de conducción.

c) Cámaras de Oscilación.

La operación de las líneas de captación y conducción del Sistema Oriental, necesita contar con dispositivos que amortigüen las sobrepresiones ocasionadas por el golpe de ariete para evitar daños locales a la tubería y para mejorar el escurrimiento en la misma, éstas son las estructuras denominadas cámaras de oscilación y cuyas dimensiones dependen de la elevación del gradiente

y del volumen de agua necesario en cada una de ellas.

Dentro del Sistema Oriental encontramos dos cámaras de oscilación, una en Tecuitlapa en la línea de pozos 3 y otra en las proximidades de la estación Calderón en el tramo a - bombeo de la línea de conducción.

En Tecuitlapa, la estructura será un tanque rectangular de concreto armado con 4 m de altura y constará de muros de contención, - columnas, zapatas y losas superior e inferior

En Calderón, la cámara tendrá una altura de 40 m sobre el nivel del terreno y un diámetro de 4m, además se usará presfuerzo circunferencial para absorber los esfuerzos de tensión que se generan en la base de la estructura.

d) Atraques.

Las estructuras de atraque se utilizan para

soportar los empujes hidrostáticos dentro de la tubería y se localizan en los puntos de inflexión, tanto horizontales como verticales, en las líneas de pozos y en la de conducción donde la deflexión sea de $7^{\circ}30'$ y sus múltiplos, hasta 90° y en los puntos de conexión (yes) de los pozos con las líneas.

Los atraques son de concreto simple y se calculan para resistir los empujes por medio de la fricción del terreno. Cuando las dimensiones de los atraques resultan muy grandes se deben considerar dentellones para recibir el empuje pasivo del terreno. En todos los casos, la tubería se ancló a los atraques por medio de abrazaderas metálicas.

e) Cruzamientos.

En los puntos donde las líneas de pozos y de la conducción se crucen con carreteras pavimentadas y vías férreas, es necesario -

construir estructuras del tipo de "túnel -- falso" para alojar y proteger a la tubería y permitir al mismo tiempo, el paso a través de ellas.

La sección transversal de la estructura en túnel falso, que ofrece ventajas de tipo es tructural y constructivo, es la que consiste de una media circunferencia en la clave y un rectángulo en la parte inferior o plan tilla del conducto.

Estas estructuras deben resistir los efectos de las cargas muertas y vivas que se originan en dichos cruzamientos.

f) Edificios, Casetas y Bodegas.

Se distinguen básicamente tres tipos de estructuras para edificios:

- Operación y control.
- Habitación y servicios.
- Talleres y bodegas.

En los dos primeros la estructura es a base de marcos y losas planas reticulares en dos o más niveles y a base de muros de carga en un solo nivel. En los talleres y bodegas, la estructura consiste en marcos de acero y cubierta de lámina galvanizada.

El acero estructural se utilizó donde los requerimientos geométricos del edificio - - obligaron a que se tuvieran grandes claros sin apoyos intermedios, además de no requerir de acabados especiales para la presentación o el aislamiento de la estructura. El concreto armado se utilizó en los edificios cuyas funciones requerirán de menores claros cubiertos y de acabados arquitectónicos más elaborados.

4.3.5 Regulación.

La estructura de regulación del Sistema Oriental es el tanque Chiconautla, que tiene una capacidad de 100,000 m³ y se localiza en la ele-

vacación 2,351.60 metros sobre el nivel del mar.

El tanque Chiconautla es el punto donde termina el Sistema y el lugar donde el agua será en tregada en bloque para su distribución en la zona norte de la Ciudad de México.

Un poco antes de su llegada al tanque, el agua será sometida a un proceso de desinfección para asegurar su potabilidad.

Este tanque regulador quedará ubicado dentro de un conjunto donde se encuentran también el edificio de la planta de desinfección, bodega, taller, subestación eléctrica y caseta de vigilancia.

La superficie total ocupada por el conjunto -- Chiconautla es de 74,250 m², de los cuales únicamente 11,420 m² estarán construidos, el resto corresponde a áreas pavimentadas, estacionamiento, jardines y zona para futuras ampliaciones.

4.3.6 Desinfección.

Con el fin de garantizar la calidad bacteriológica del agua procedente de la cuenca Oriental, será necesario someterla a un proceso de desinfección antes de ser entregada en bloque al tanque de regulación en Chiconautla.

Los datos que se utilizaron para el proyecto de la planta de desinfección son los siguientes:

- Gasto total de diseño 7,000 l/s
- Dosificación máxima 3,0 mg/l
- Dosificación mínima 1,5 mg/l
- Cloro residual en la
 entrada del tanque 0,5 mg/l
- Almacenamiento del cloro Tanques de 908Kg
- Capacidad Para 14 días y -
 16 tanques de --
 tránsito.

El equipo necesario en la planta de desinfección incluye:

- Tanques de almacenamiento.

- Polipasto.
- Evaporador.
- Válvula rompedora de presión.
- Variómetro.
- Cloradores.
- Inyector.
- Equipo de bombeo.
- Analizadores.
- Registrador e integrador del consumo de cloro.
- Detector de fugas.
- Válvulas de vacío.
- Sistema de alarmas.
- Titulador amperométrico.

La operación de los equipos en la planta de --
desinfección consiste básicamente de tres pa--
sos:

- Paso 1: Verificar que todos los componen--
tes estén limpios y secos.
- Paso 2: Arrancar el evaporador.
- Paso 3: Abrir la línea de cloro e inspec--
cionar las fugas.

En resumen, la operación del sistema consiste en: extraer el cloro líquido contenido en los tanques y conducirlo hasta el evaporador para convertirlo por intercambio de calor en gas; - reducir la presión de éste por medio de la válvula rompedora y pasarlo por el variómetro para medir el consumo de cloro, y por último, en viarlo al inyector para formar una solución - con el agua y descargarla a través del difusor dentro de la línea de conducción, antes de la llegada al tanque de regularización.

La operación del sistema de desinfección requiere de energía eléctrica, la cual será suministrada en su totalidad por la Comisión Federal de Electricidad.

Las características principales de los equipos electromecánicos se mencionan a continuación:

- Motor:

Tipo estándar de fabricación nacional.

Potencia 25 HP

Fases 3

Frecuencia	60 Hz
Voltaje	440 V
Velocidad angular	3,600 rpm
Factor de servicio	1.15
Tipo de servicio	Continuo

- Arrancador:

Arranque	Tensión reducida
Fases	3
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	440 V
Capacidad	25 HP
Operación	Estación de botones
Funcionamiento	Continuo

La red eléctrica está integrada por los siguientes equipos: los motores de las bombas, los arrancadores y los equipos de control correspondientes y las instalaciones para medición, control y servicios auxiliares.

La red operará a una tensión de 220/127 volts para los equipos de control, medición y - -

servicios, y a 440 volts para el suministro de los motores.

- Subestación:

La subestación para el sistema de desinfección es de tipo compacto y de intemperie, - está integrada por el equipo de medición y los interruptores de alta tensión. Opera - a 23 KV y 60 Hz.

4.3.7 Anteproyecto de Caminos.

Los caminos a lo largo de las líneas de captación y conducción, permitirán la construcción y posteriormente la operación y el mantenimiento de las obras.

Estos caminos harán posible el acceso a los pozos, plantas de rebombeo y a las propias líneas, así como a las estructuras especiales.

En la zona de captación los caminos comprenden los siguientes tramos de las líneas de pozos:

Línea de Pozos 2-1:

- Tramo Ocotepc - Oriental
- Tramo Oriental - Ojo de Agua
- Tramo Ojo de Agua - Tamariz

Línea de Pozos 3:

- Tramo Quechulac - Aljojuca
- Tramo Aljojuca - Tamariz

En esta zona se localizaron bancos de préstamo de materiales para cada uno de los tramos de las líneas de pozos y se efectuaron pruebas de campo y ensayos de laboratorio, para definir la clasificación y calidad de los mismos para poder realizar el diseño.

Las características geométricas tanto en los tramos con revestimiento como en los pavimentados, indican que el ancho de corona de los caminos será de 8 m.

En la zona de conducción los caminos comprenden los siguientes tramos:

Tramo Tamariz - Apizaco
Tramo Apizaco - Estación Iturbe
Tramo Estación Iturbe - Estación Irolo
Tramo Estación Irolo - Axapusco
Tramo Axapusco - Chiconautla

Los caminos propuestos se consideran sin reves timiento y con una capa subrasante hecha con material del lugar. El acceso al tanque de regulación Chiconautla se considera como camino pavimentado.

4.3.8 Anteproyecto del Sistema de Comunicación y Control Remoto en el Sistema Oriental, Pue.

El conjunto de obras electromecánicas en las líneas de pozos y en las estaciones de rebom--beo en la captación y conducción del Sistema Oriental, requiere de un sistema de comunica--ción y control para proporcionar continuidad a la operación de los equipos.

Tomando en cuenta las características del con-

trol en la estación de rebombeo Tamariz, por estar situada en el centro de operación del Sistema Oriental, ya que se encuentra al final de las líneas de pozos y al inicio de la línea de conducción.

La ubicación de la estación de rebombeo Tamariz permite tener una visión amplia del funcionamiento del conjunto de equipos de bombeo en pozos y de rebombeo en las estaciones, en líneas de captación y conducción.

Se estudiaron y analizaron alternativas de sistemas de comunicación tales como: Telefónico, radio, microondas y radio-telefónico.

El sistema de comunicación telefónico fue eliminado desde el inicio del análisis por el alto costo del cableado; sin embargo es posible emplear una comunicación telefónica en combinación con radio, en las líneas de captación.

Para el sistema de radio comunicación, que se considera como uno de los más viables, se tomó

en cuenta tanto la topografía como los requerimientos de los equipos electromecánicos del - proyecto y se estudió la propagación a lo largo de las líneas para conocer el tipo y número de los equipos de radio por emplear.

La topografía de la zona del proyecto no permite que la comunicación entre puntos estratégicos del Sistema sea directa y se requiere del empleo de varios equipos de recepción, tanto - en la línea de captación como en la de conducción.

Los puntos seleccionados para la instalación - de los equipos transreceptores en las líneas - de captación son: Oriental, Ojo de Agua, Guadalupe Victoria y Santa Cecilia; y en la línea de conducción: Tamariz, Huamantla, Acocotla, Guadalupe, Calderón, Iturbe, Xala y Chiconautla. Además en algunos puntos, se requiere el em- - pleo de torres para antenas de diversas altu- - ras.

El sistema de microondas tiene numerosas desven

tajas, no obstante, es el sistema más confiable. Su costo resulta demasiado elevado debido a la gran longitud de las líneas de captación y conducción, ya que se requerirían equipos de microondas por lo menos cada 50 km, en el caso de no existir obstáculos topográficos.

El sistema de radiocomunicación y telefonía puede emplearse en forma combinada con comunicación telefónica local entre los diferentes pozos y la estación central de rebombeo Tamariz. Este sistema servirá de respaldo a la comunicación por radio que se establecería entre las cuadrillas de mantenimiento y algún punto de control o la central.

En cada uno de los pozos y equipos de las estaciones de rebombeo se contará con equipos de medición, protección y control local para conocer su operación en cualquier momento. El sistema de control general de los equipos puede ser llevado a una central que cuente con un sistema de alarmas para determinadas funciones, como arranque y paro de los equipos y elemen-

tos de telecontrol.

Los requerimientos de telecontrol y teleindicación son principalmente los siguientes:

Telecontrol:

- Arranque y paro de los equipos en los 95 pozos y en las estaciones de rebombeo de las líneas de captación.

Teleindicación:

- Operación de los equipos en pozos y plantas de rebombeo en captación y conducción.
- Paro de los equipos en pozos y estaciones de rebombeo en captación y conducción.
- Niveles máximo y mínimo del agua en cárcamos de rebombeo.
- Paro de los equipos por fallas de energía eléctrica.

De acuerdo con las características del Sistema Central, se empleará según el caso para los sistemas de intercomunicación y control remoto:

- . Sistema de Arranque y Paro.
- . Sistema de Lámparas Roja y Verde.
- . Consolas, Receptores y Recodificadores -
de Control.

4.3.9 Líneas de Transmisión de Energía Eléctrica.

La operación del Sistema Oriental, en especial la de los pozos y plantas de rebombeo del mismo, requiere de la construcción de una red de energía eléctrica que proporcione el fluido en forma confiable.

Las características generales de la red del sistema pueden resumirse en los siguientes puntos:

- El suministro se hará a través de una línea de un solo circuito.
- La tensión del suministro será de 34.5 KV y alimentará a todas las subestaciones eléctricas.
- La operación y mantenimiento de la red será

realizado por la Comisión Federal de Electricidad.

- Los motores eléctricos en las líneas de captación deberán arrancar a tensión reducida.
- Los motores en las estaciones de rebombeo - arrancarán en forma secuencial.

El anteproyecto de la red eléctrica en el Sistema Oriental considera la construcción de una subestación eléctrica en Zocac, Estado de Tlaxcala, para recibir la alimentación de energía eléctrica procedente de cuatro circuitos:

- . Dos circuitos de la planta Mazatepec, uno de la Termoeléctrica del Valle de México y otro de Puebla.

La subestación de Zocac tendrá una capacidad - de 75/100 MVA y una relación de transformación de 230/115 KV.

De esta subestación saldrán dos alimentadores a 115 KV para alimentar a las estaciones de re bombo Tamariz, Huamantla y Guadalupe, así como

a la subestación localizada en el centro de --
carga de la línea de pozos 1, de la cual salen
otros dos alimentadores para el suministro de
los ramales de la misma línea de captación.

La energía para la línea de pozos 2, será sumi
nistrada por medio de dos alimentadores que -
saldrán de la subestación perteneciente a la -
C.F.E., localizada en Libres, Pue.

La línea de pozos 3 recibirá energía eléctrica
de la subestación Zacatepec, que se constuirá
próxima al centro de carga de dicha línea.

En la subestación que suministrará energía a -
las líneas de pozos, se tendrá una relación de
transformación de 115 a 34.5 KV.

El servicio eléctrico a la estación de rebom--
beo Ojo de Agua se proporcionará a partir de -
la subestación de los pozos ligada a las de Ta
mariz, Huamantla y Guadalupe. La energía eléc
trica para las estaciones de bombeo Santa Ce
cilia, Guadalupe Victoria y Quechulac se - -

tomará de la subestación Zacatepec.

La alimentación a las instalaciones de regularización y desinfección en Chiconautla, se hará a través de una derivación de la línea de distribución existente en las proximidades a su localización.

C O N C L U S I O N E S

Se ha visto que el agua subterránea en México es uno de los recursos más importantes, principalmente en las regiones - áridas y semiáridas, mismas que cubren el 60 por ciento de - la superficie del país.

La explotación del agua subterránea con carácter intensivo se inició a partir de 1950; sin embargo, en ese entonces no se contaba con la tecnología adecuada para determinar el - comportamiento de los acuíferos y por ello su aprovechamiento se efectuó sin control, siguiendo exclusivamente la política de satisfacer las necesidades que el desarrollo exigía, sin tomar en cuenta que el agua subterránea forma parte del ciclo hidrológico y que a diferencia de la precipitación y el escurrimiento, es renovable sólo en parte debido a que - el volumen aprovechable es producto de un almacenamiento de siglos.

El acelerado crecimiento demográfico y económico de los - - principales centros urbano-industriales, como es la Ciudad de México, ha provocado el incremento en la demanda de agua, por lo que el abastecimiento de este recurso presenta - -

déficit ocasionado por el paulatino agotamiento de sus fuentes iniciales, motivando la utilización de fuentes alternas de suministro o la transferencia de aguas de cuencas lejanas para satisfacer la creciente demanda.

La sobreexplotación de los acuíferos ha ocasionado serios problemas:

- Abatimientos progresivos en los niveles piezométricos.
- Asentamientos del terreno, que en algunas zonas han alcanzado los 9.0 metros.
- Formación de grietas.
- Alteración de la calidad físico-química del agua.
- Excesiva carga de bombeo.
- Incremento en los costos de bombeo y mantenimiento.
- Pérdida de la infraestructura.
- Reducción en la producción agrícola.

Con el fin de que estos problemas puedan llegar a controlarse, ha sido necesario aplicar ciertas medidas:

- Elaborar un programa para reducir la explotación de agua

subterránea, en 15 m³/s.

- Redistribuir las captaciones para disminuir la velocidad de abatimiento.
- Implantar técnicas de uso conjunto y eficiente de aguas superficiales y subterráneas.
- Traer el agua desde cuencas lejanas.

Por otro lado, es muy urgente reducir la curva de la demanda de agua y para tal efecto, se proponen los siguientes criterios:

- Buscar que el agua se use y reuse eficientemente, aprovechando la capacidad instalada.
- Establecer tarifas realistas ajustadas a la capacidad económica de los usuarios, tomando en cuenta tanto el valor presente y futuro del agua para los diferentes usos, como la conveniencia de preservar parte del recurso para usos posteriores.
- Restringir la descarga de desechos, tanto en la superficie como en el subuselo, de acuerdo con las características de los sistemas de flujo de aguas subterráneas, de tal forma que se garantice la calidad del agua de los acuíferos.

- Efectuar un estricto control de contaminación.
- Controlar el crecimiento demográfico en el Área Metropolitana de la Ciudad de México.

Para promover la transferencia de agua desde otras cuencas, se requiere de una seria justificación técnica y económica. Con base en los estudios realizados por el Colegio de México, el Departamento del Distrito Federal y la Comisión de Aguas del Valle de México, se ha podido determinar que si se mantiene una dotación de 360 l/hab-día y se reduce la explotación de agua subterránea, será necesario incorporar a la red de distribución $2.6 \text{ m}^3/\text{s}$ cada año, para poder satisfacer la demanda de la población en el año 2000.

Por no haber una clara conciencia sobre el valor del agua y por existir políticas regionales, ha sido necesario emprender la lucha por el agua a partir de proyectos complejos y costosos. Al comparar las diferentes alternativas para la transferencia de agua al Valle de México, se observa que la del acuífero de Libres en el Estado de Puebla, es la que ofrece mayores ventajas técnicas y económicas:

- Del caudal explotable de $17 \text{ m}^3/\text{s}$, se bombearían al Distrito Federal $7 \text{ m}^3/\text{s}$ y el resto quedaría como reserva

para las futuras necesidades que demande el desarrollo -
de la región.

- La carga de bombeo a vencer es de 571 m.
- La longitud total de la red es de 191 km.
- La potencia requerida es de 40,900 HP ó 32 MW.
- La energía es de 268 GWH/AÑO.

B I B L I O G R A F I A

- "SISTEMAS DE PLAN INMEDIATO"
MEMORIA Y ESQUEMAS DE LAS FUENTES ALTA Y BAJA DE LOS -
SISTEMAS CUTZAMALA, TECOLUTLA Y AMACUZAC.
SARH, CAVM Y DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA, 1978.
- "PROYECTO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRA- -
NEAS DE LA CUENCA DE ORIENTAL, PUE."
SARH Y CAVM, 1976.
- "SISTEMA HIDRAULICO DEL DISTRITO FEDERAL"
DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULI
CA. DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL 1980.
- "OBRAS HIDRAULICAS"
FRANCISCO TORRES HERRERA. ED. LIMUSA. MEXICO 1983.
- "ARTICULO TECNICO"
REVISTA INGENIERIA CIVIL, COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES
DE MEXICO, A.C. N° 232. MEXICO 1985.
- "MONITOREO NACIONAL Y GLOBAL DE ABASTO DE AGUA Y SANEA
MIENTO"
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD 1983.

- "PLAN NACIONAL HIDRAULICO Y ANEXOS"
SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. CO
MISION DEL PLAN NACIONAL HIDRAULICO 1981.
- "INVENTARIO NACIONAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO"
CONCENTRADO NACIONAL Y ESTATALES DE INFORMES 1983 SEDUE
- "LA ORGANIZACION DE NACIONES UNIDAS"
CONFERENCIA DE LA ONU SOBRE EL AGUA 1977.
- "ESTUDIO DE LAS DEMANDAS Y EL CONSUMO DE AGUA EN EL AMCM"
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL 1975.

CAPITULO 1

- LAMINA 1.1 SIERRAS Y LAGOS DE LA CUENCA DEL VA
LLE DE MEXICO
- LAMINA 1.2 ISOYETAS ANUALES EN LA CUENCA DEL -
VALLE DE MEXICO
- LAMINA 1.3 HIDROGRAFIA DE LA CUENCA DEL VALLE
DE MEXICO
- LAMINA 1.4 ASENTAMIENTOS DEL SUBSUELO REGISTRA
DOS DE 1952 A 1980
- LAMINA 1.5 BALANCE HIDROLOGICO EN EL VALLE DE
MEXICO
- LAMINA 1.6 UTILIZACION Y DESALOJO DE LAS AGUAS
RESIDUALES Y PLUVIALES EN EL VALLE
DE MEXICO

CAPITULO 2

- LAMINA 2.1 AREA URBANA Y AREA METROPOLITANA DE
LA CIUDAD DE MEXICO
- LAMINA 2.2 METRO Y PRINCIPALES AVENIDAS EN EL
DISTRITO FEDERAL
- LAMINA 2.3 EVOLUCION DEL SISTEMA HIDROLOGICO -
ASOCIADO AL SISTEMA HIDRAULICO DEL
DISTRITO FEDERAL
- LAMINA 2.4 POBLACION CON SERVICIO DE AGUA POTA
BLE EN 1982
- LAMINA 2.5 USO INDUSTRIAL DEL AGUA
- LAMINA 2.6 ABASTECIMIENTO DE AGUA AL DISTRITO
FEDERAL DE 1960 A 1982
- LAMINA 2.7 EVOLUCION DE LA OFERTA Y LA DEMANDA
DE AGUA DE 1960 AL AÑO 2000

- LAMINA 2.8 DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN 1982
- LAMINA 2.9 PLANTAS POTABILIZADORA
- LAMINA 2.10 TRATAMIENTO Y REUSO
- LAMINA 2.11 DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE EN EL AÑO 2000

CAPITULO 3

- LAMINA 3.1 EFECTO DEL ASENTAMIENTO DEL SUBSUELO EN EL SISTEMA DE DRENAJE
- LAMINA 3.2 SISTEMAS ACTUALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
- LAMINA 3.3 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE CUENCAS EXTERNAS
- LAMINA 3.4 LAS TRES ETAPAS DEL SISTEMA CUTZAMALA
- LAMINA 3.5 PERFIL DEL SISTEMA CUTZAMALA
- LAMINA 3.6 ESQUEMA DEL SISTEMA ALTO AMACUZAC
- LAMINA 3.7 ESQUEMA DEL SISTEMA TECOLUTLA

CAPITULO 4

- LAMINA 4.1 PLANO GENERAL DEL SISTEMA ORIENTAL, PUE.

RELACION DE CUADROS

CAPITULO 2

- CUADRO 2.1 LAS DIEZ CIUDADES MAS POPULOSAS DEL MUNDO
- CUADRO 2.2 INCREMENTO DEMOGRAFICO EN EL DISTRITO FEDERAL Y EN EL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO (AMCM)
- CUADRO 2.3 DISTRIBUCION DE LOS USOS DEL AGUA
- CUADRO 2.4 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN 1982
- CUADRO 2.5 PLANTAS POTABILIZADORAS
- CUADRO 2.6 CALIDAD DEL AGUA EN LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO OPERADAS POR LA DGCOH
- CUADRO 2.7 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
- CUADRO 2.8 POBLACION Y DEMANDA DE AGUA PREVIS-TAS PARA EL AÑO 2000 EN LAS DELEGA-CIONES DEL DISTRITO FEDERAL

CAPITULO 4

- CUADRO 4.1 DATOS BASICOS DE LA LINEA DE POZOS 2-1
- CUADRO 4.2 DATOS BASICOS DE LA LINEA DE POZOS 3
- CUADRO 4.3 CARACTERISTICAS DEL EQUIPO ELECTRO-MECANICO DE LOS POZOS
- CUADRO 4.4 DATOS BASICOS DEL TRAMO A BOMBEO
- CUADRO 4.5 DATOS BASICOS DEL TRAMO A GRAVEDAD
- CUADRO 4.6 CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES - DE BOMBEO EN LAS LINEAS DE CAPTA- - CION Y CONDUCCION

Lámina 1.1 Las sierras y los lagos de la cuenca del Valle de México

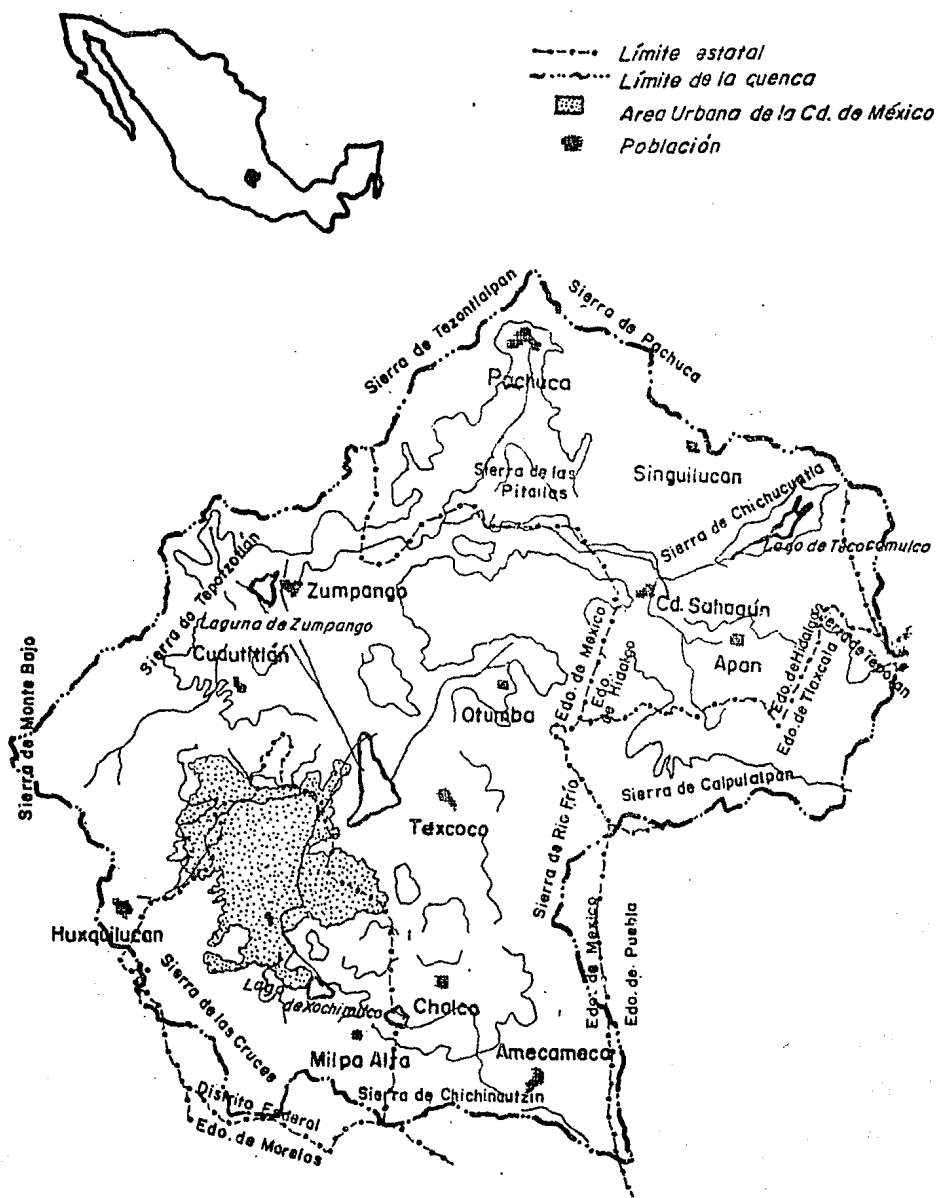


Lámina 1.2 Isoyetas anuales en la cuenca del Valle de México

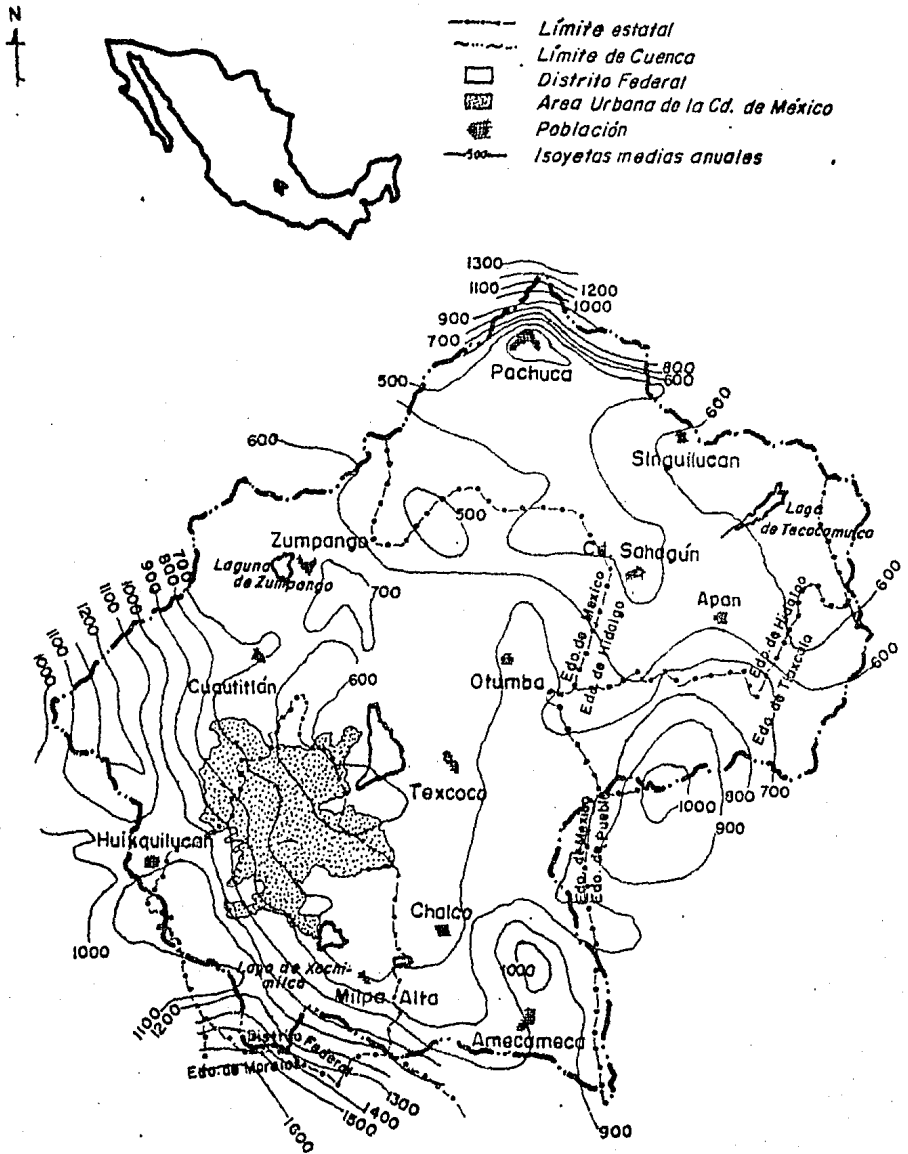
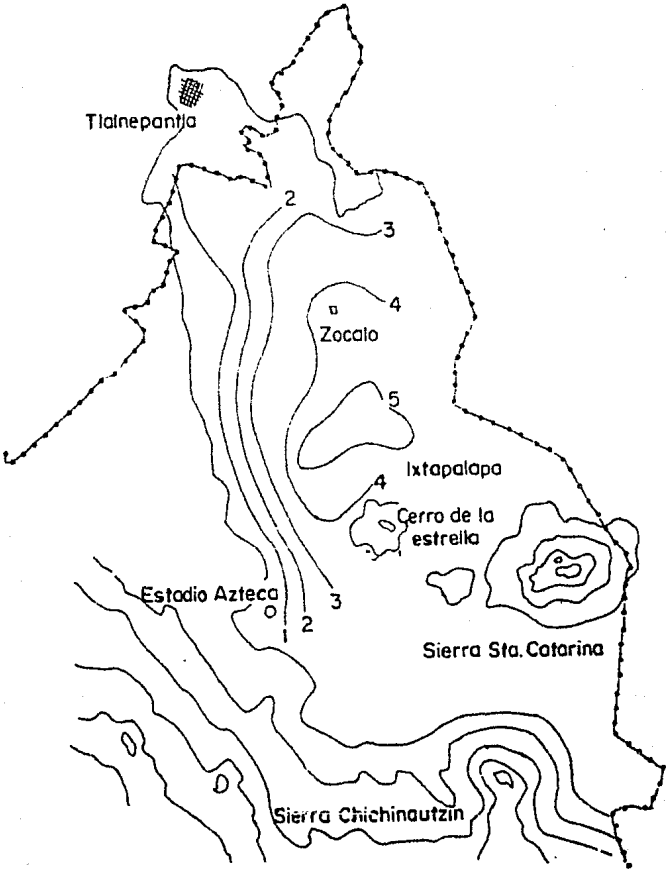


Lámina 1.4 Asentamiento del subsuelo registrado de 1952 a 1980



3 Curvas de igual hundimiento en m.
Curvas de nivel



0 2 4 6 Km

LAMINA 1.5 BALANCE HIDROLOGICO EN EL VALLE DE MEXICO

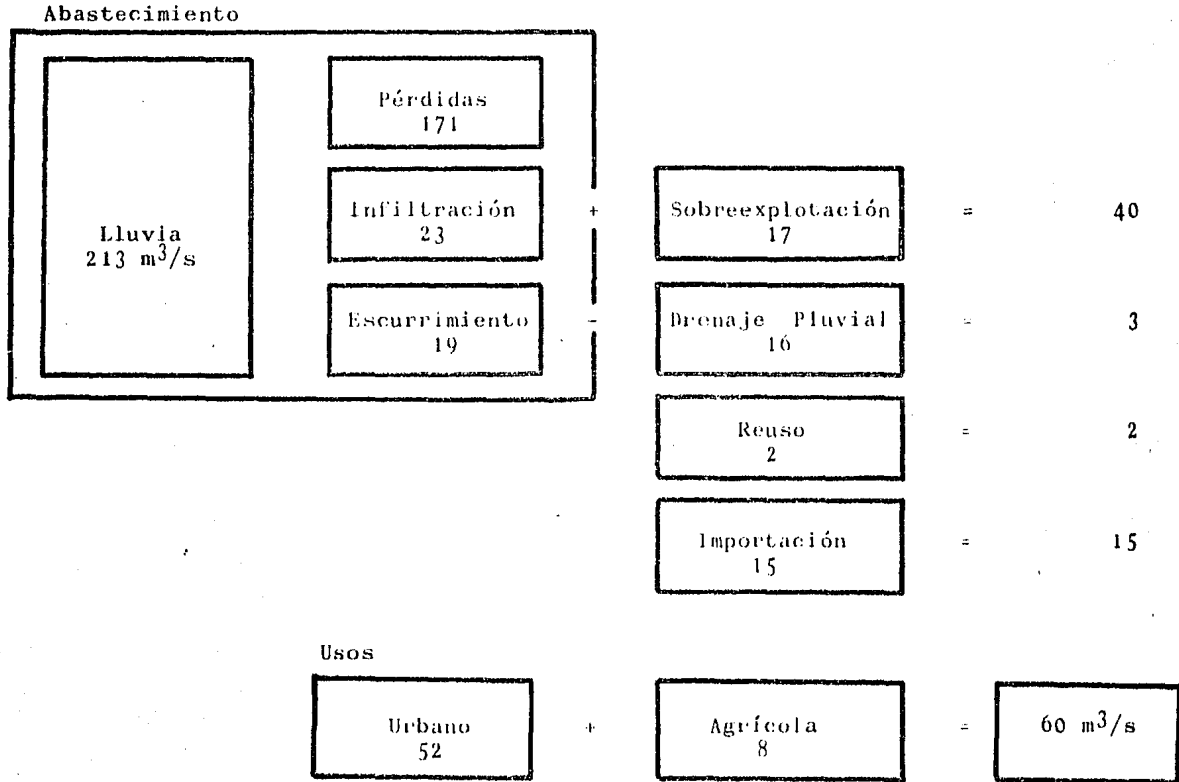


Lámina 1.6 Utilización y desalojo de las aguas residuales y pluviales en el Valle de México



- - - Límite estatal
- · - · - Límite de la cuenca
- Distrito Federal
- ▨ Área Urbana de la Cd. de México
- Poblaciones

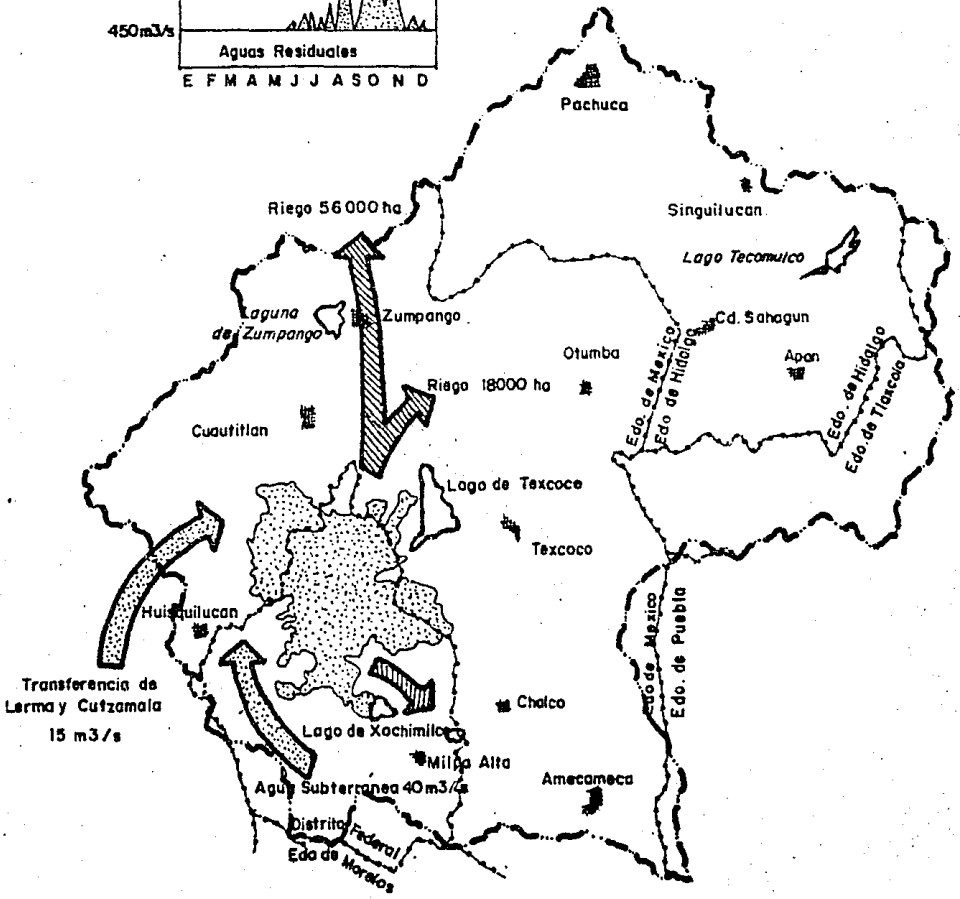
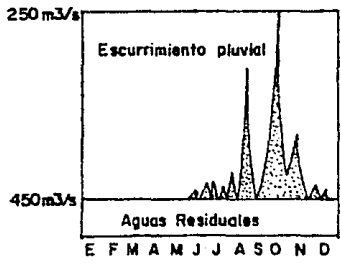




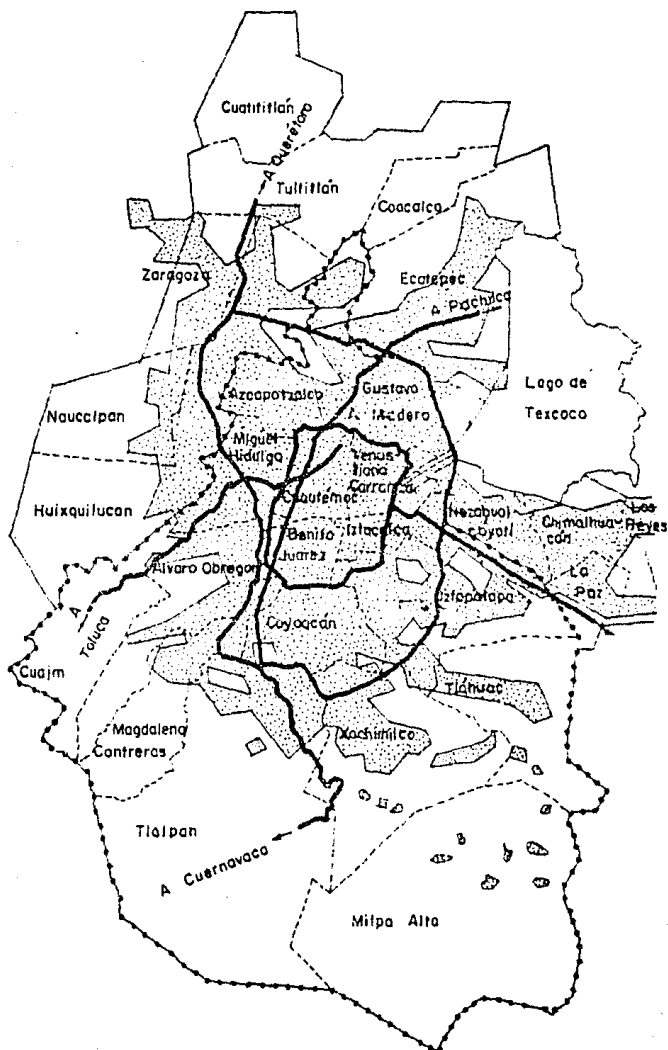


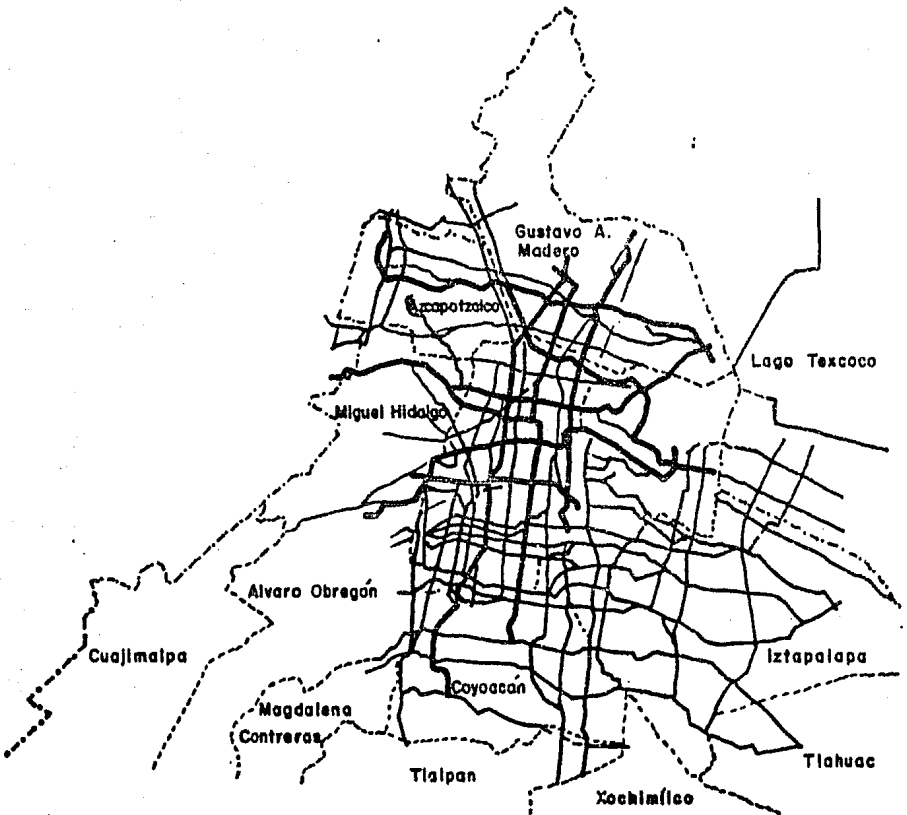
Lámina 2.1 *Area urbana y metropolitana de la Ciudad de México*

-  Area Urbana de la Cd. de México
-  Area metropolitana de la Cd. de México
-  Límite del distrito federal
-  Límite de delegación y municipio




Lamina 2.2 Metro y principales avenidas en el Distrito Federal.

- Limite del Distrito Federal
- Limite de Delegacion
- ===== Ejes viales y principales avenidas
- ===== Metro



**Lámina 2.3 Evolución del sistema hidrológico
Asociado al sistema hidráulico del D.F.**


 Limite de cuenca
 Abastecimiento
 Descarga de aguas residuales y pluviales



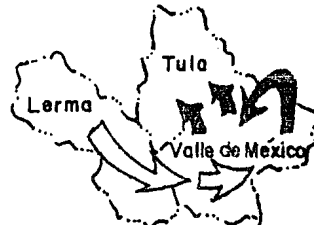
1325



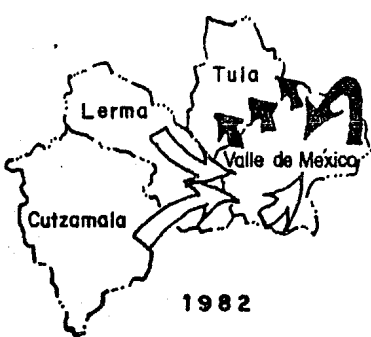
1789



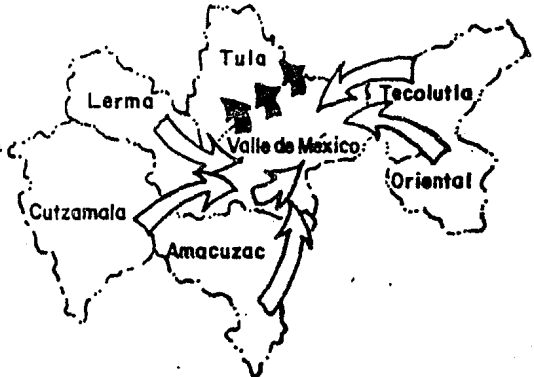
1900



1958



1982



Principios del siglo XXI

LAMINA 2.4 POBLACION CON SERVICIO DE AGUA POTABLE EN 1982

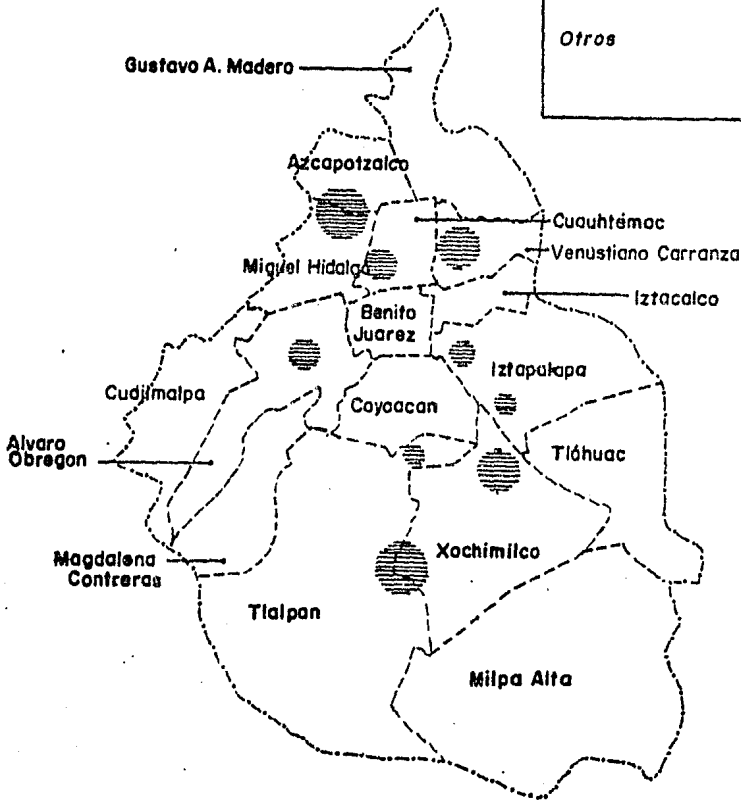
DELEGACION	Población total en miles de habitantes	Porcentaje con servicios										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Azcapotzalco	700	[Bar chart showing approximately 85% coverage]										
Alvaro Obregón	753	[Bar chart showing approximately 80% coverage]										
Benito Juárez	663	[Bar chart showing approximately 85% coverage]										
Coyoacán	709	[Bar chart showing approximately 80% coverage]										
Cuajimalpa	110	[Bar chart showing approximately 85% coverage]										
Cauhtémoc	846	[Bar chart showing approximately 85% coverage]										
Gustavo A. Madero	1,975	[Bar chart showing approximately 85% coverage]										
Iztacalco	640	[Bar chart showing approximately 80% coverage]										
Iztapalapa	1,306	[Bar chart showing approximately 85% coverage]										
Magdalena Contreras	194	[Bar chart showing approximately 80% coverage]										
Miguel Hidalgo	445	[Bar chart showing approximately 85% coverage]										
Milpa Alta	60	[Bar chart showing approximately 85% coverage]										
Tláhuac	199	[Bar chart showing approximately 85% coverage]										
Tlalpan	404	[Bar chart showing approximately 80% coverage]										
Venustiano Carranza	754	[Bar chart showing approximately 85% coverage]										
Xochimilco	242	[Bar chart showing approximately 85% coverage]										
Distrito Federal	10,000	[Bar chart showing approximately 80% coverage]										

El porcentaje de población con servicios corresponde a una estimación de principios de 1982.

Lámina 2.5 *Uso Industrial del agua*

Industrias más consumidoras

<i>Productos químicos</i>
<i>Textiles</i>
<i>Minerales no Metálicos</i>
<i>Hierro y acero</i>
<i>Alimentos</i>
<i>Celulosas y papel</i>
<i>Otros</i>

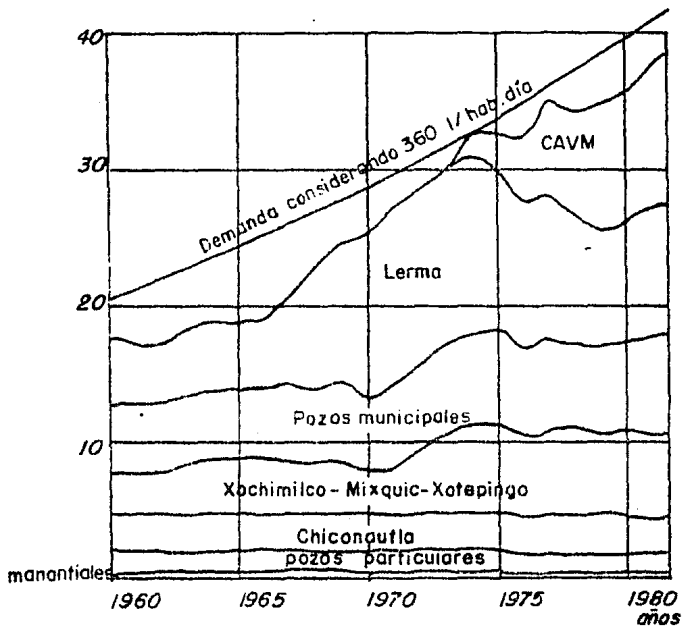


Concentración espacial del uso industrial del agua

Lámina 2.6

Abastecimiento de agua al Distrito Federal de 1960

a 1982



CAMV.- Comisión de Aguas Del Valle de México

Lámina 2.7

Evolucion de la oferta y la demanda de agua de
1960 al año 2000

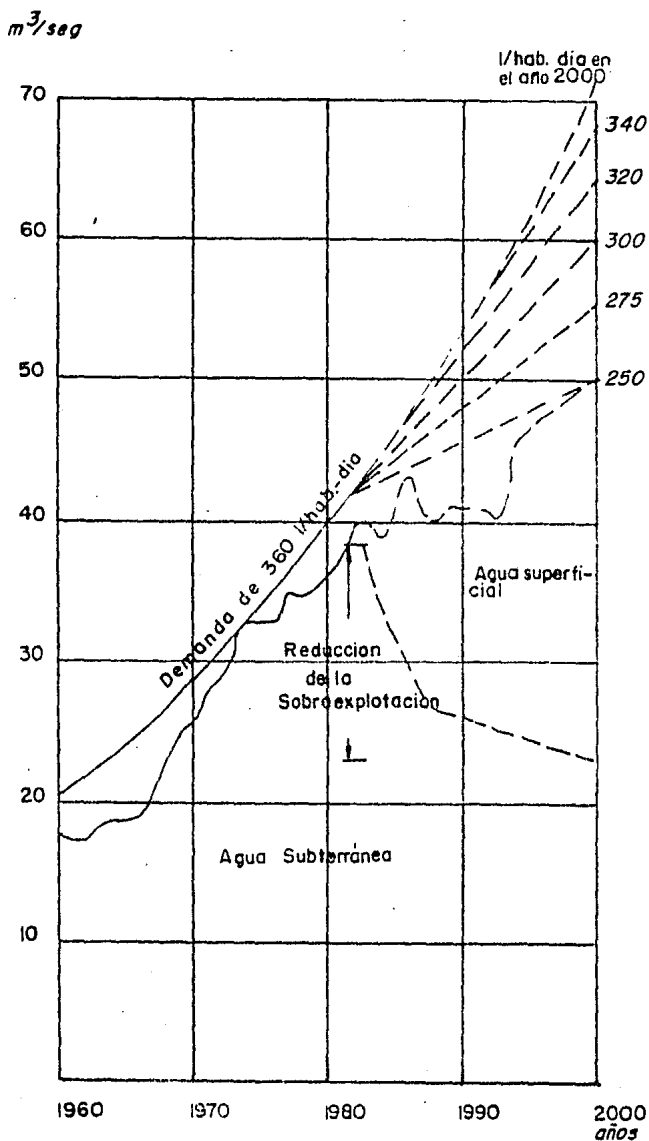


Lámina 2.9 Distribución de agua potable en 1982

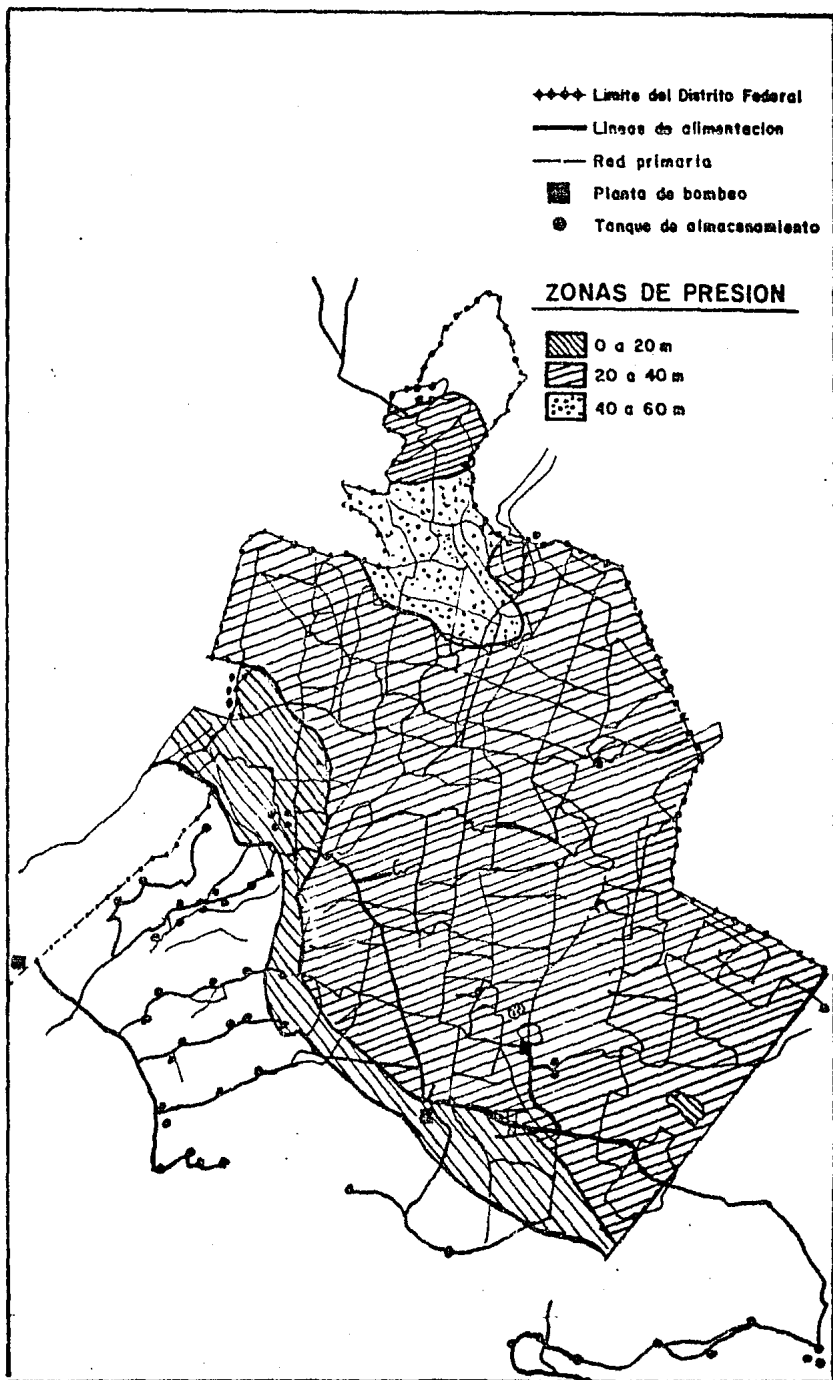
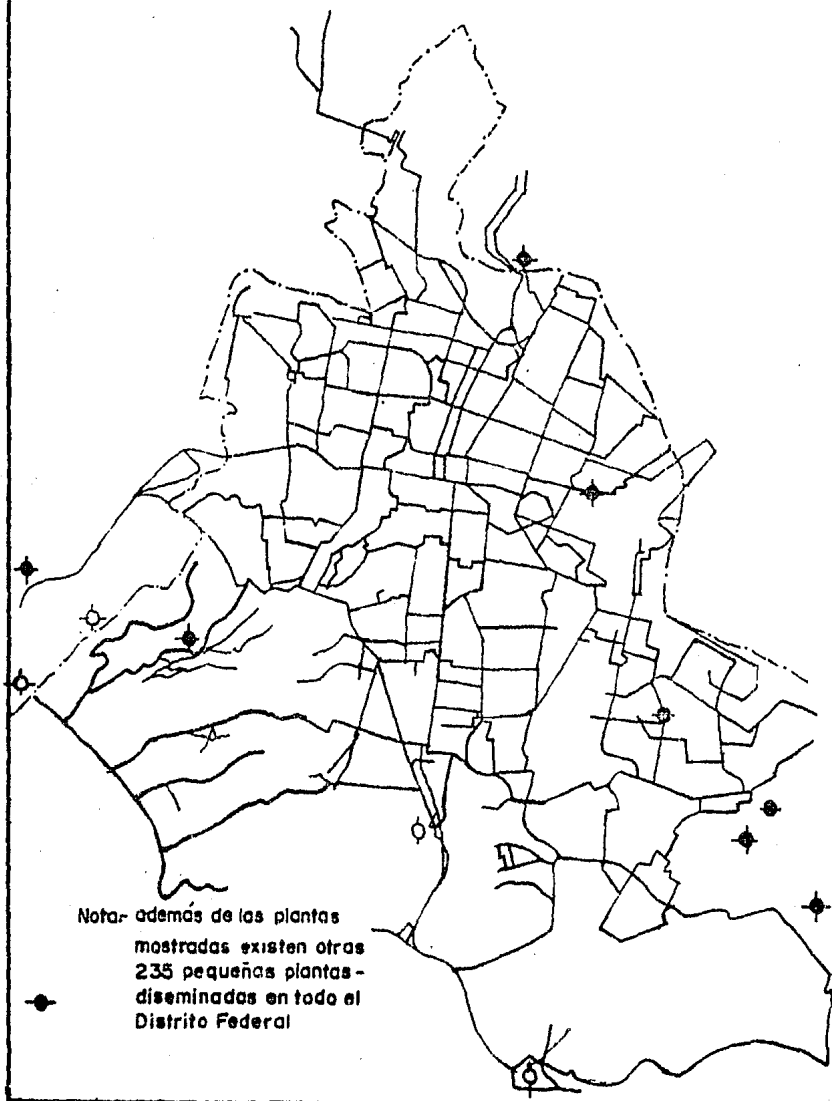


Lámina 2.9 Plantas Potabilizadoras

- Límite del Distrito Federal
- Línea de alimentación
- Red primaria
- Planta de desinfección con hipoclorito de sodio
- ◆ Planta de desinfección con cloro gaseoso
- ◇ Planta de desinfección de emergencia
- Planta potabilizadora



Nota- además de las plantas mostradas existen otras 235 pequeñas plantas - diseminadas en todo el Distrito Federal

Lámina 2.10 Tratamiento y Reuso

- Limite del Distrito Federal
- Red de distribución
- - - Red de distribución futura
- ▨ Area de riego
- ▤ Area de riego futura
- Planta de tratamiento
- r Garzas

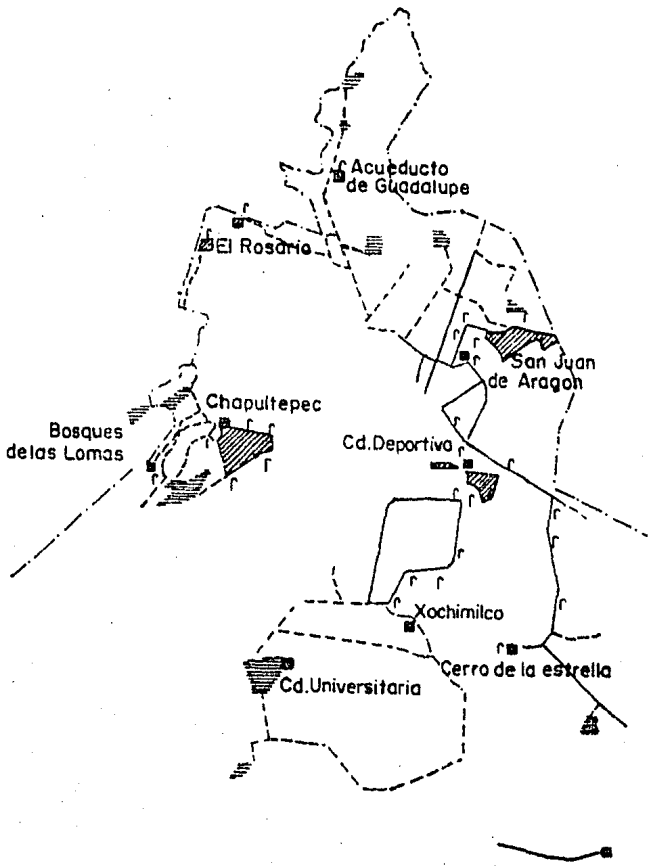


Lámina 2.11 Distribución de agua potable en el año 2000

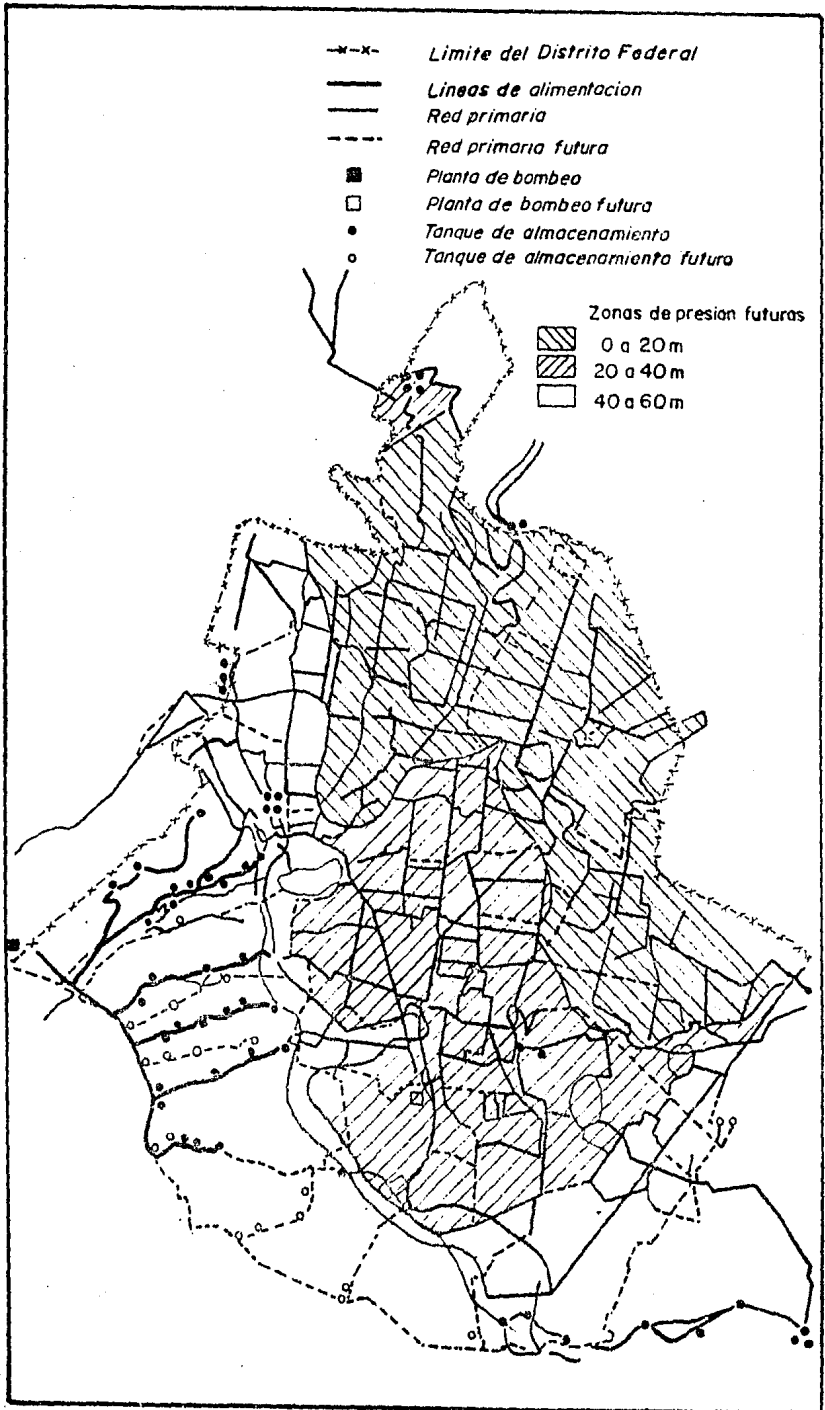


Lámina 3.1 Efecto del asentamiento del subsuelo en el sistema de drenaje.

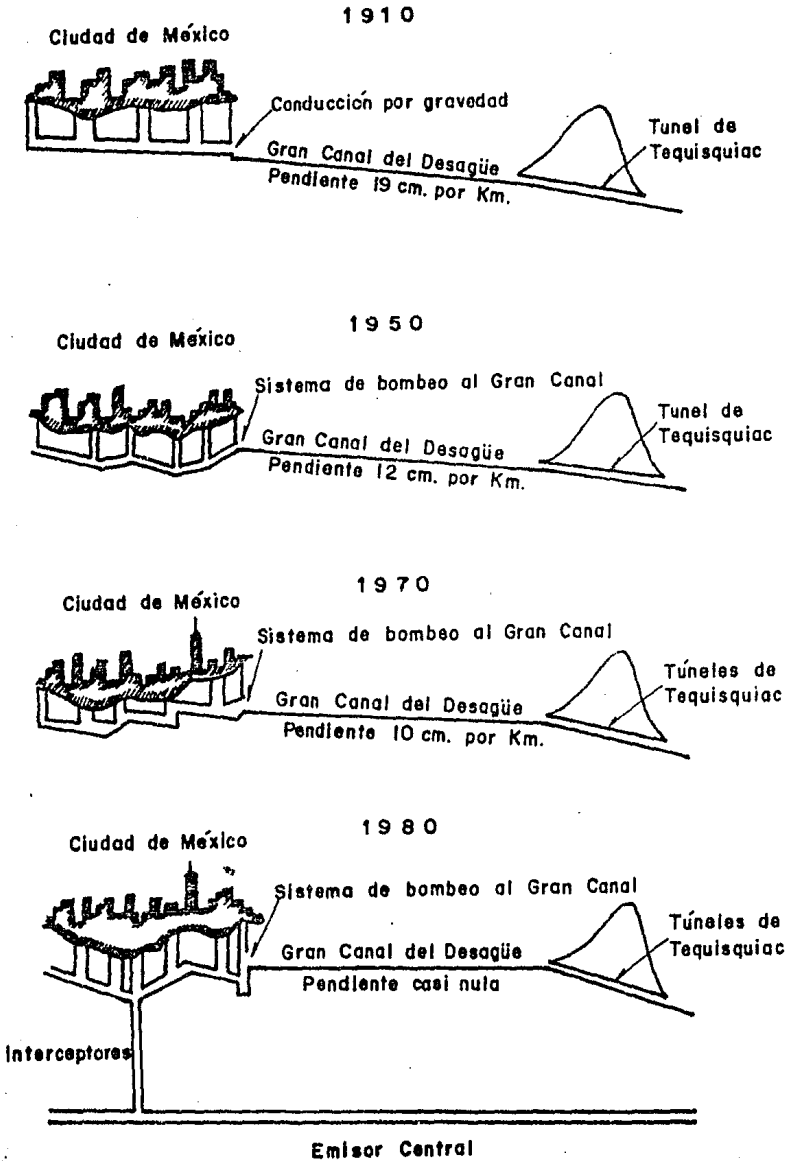


Lámina 3.2 Sistemas actuales de abastecimiento de agua

- Limite del Distrito Federal
- - - Limite de la cuenca del Valle
- Línea de conducción y alimentación
- CAVM
- DGCCH
- Manantial
- Sistema de pozos
- Planta de bombeo
- Tanques de almacenamiento

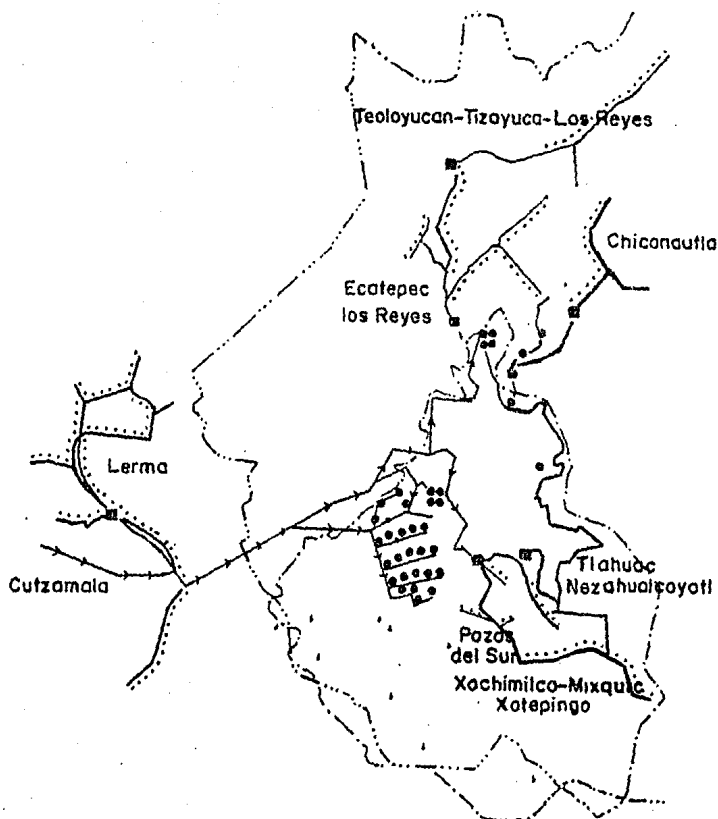


Lámina 3.3 Abastecimiento de agua potable de cuencas externas.

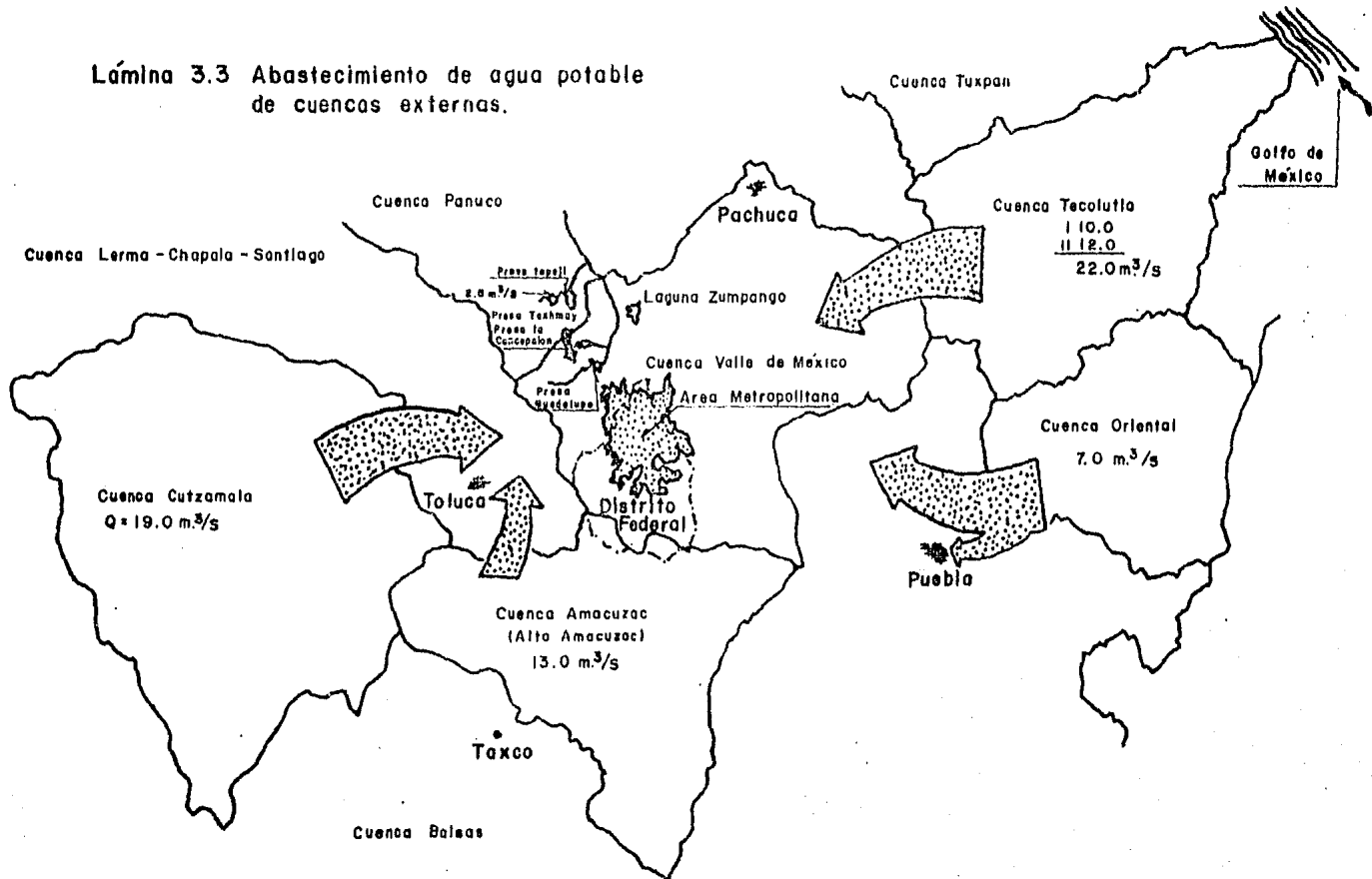


Lámina 3.4 croquis de las tres etapas del sistema cutzamala

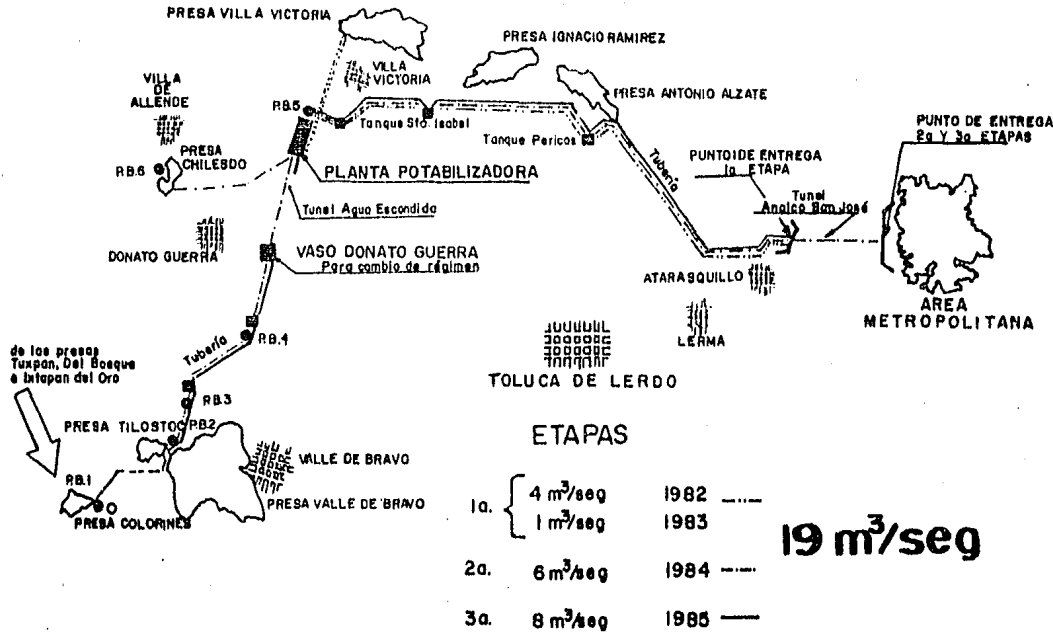
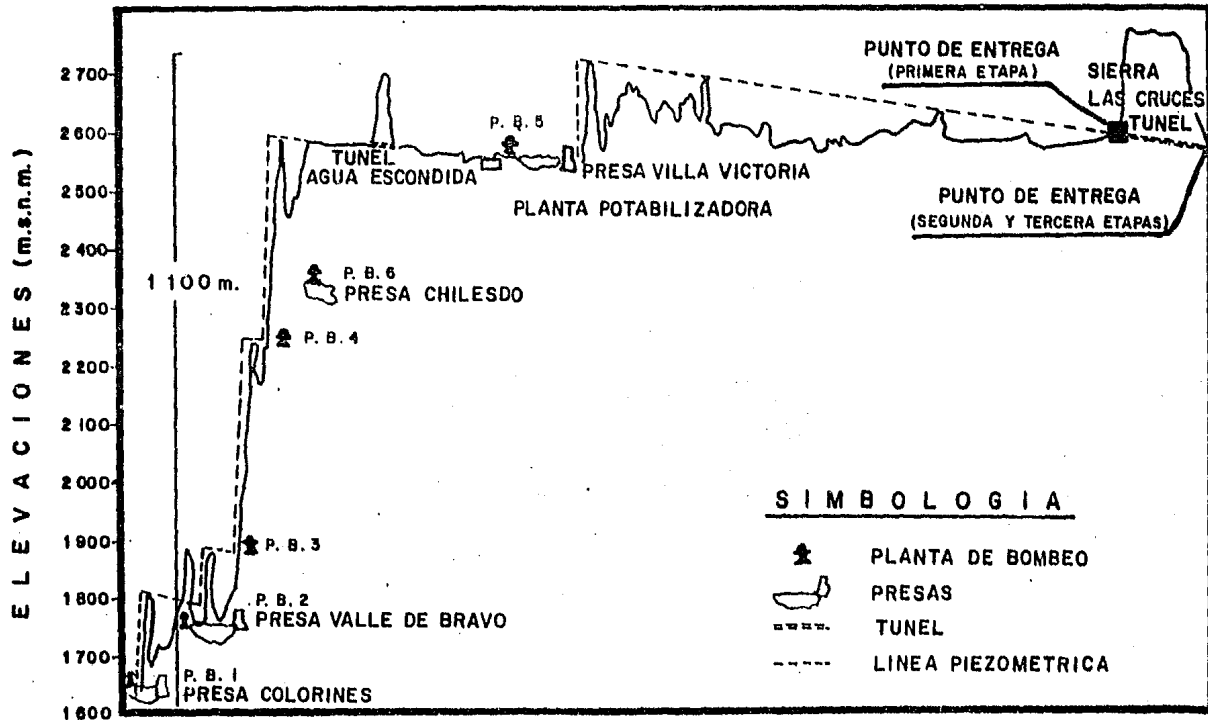
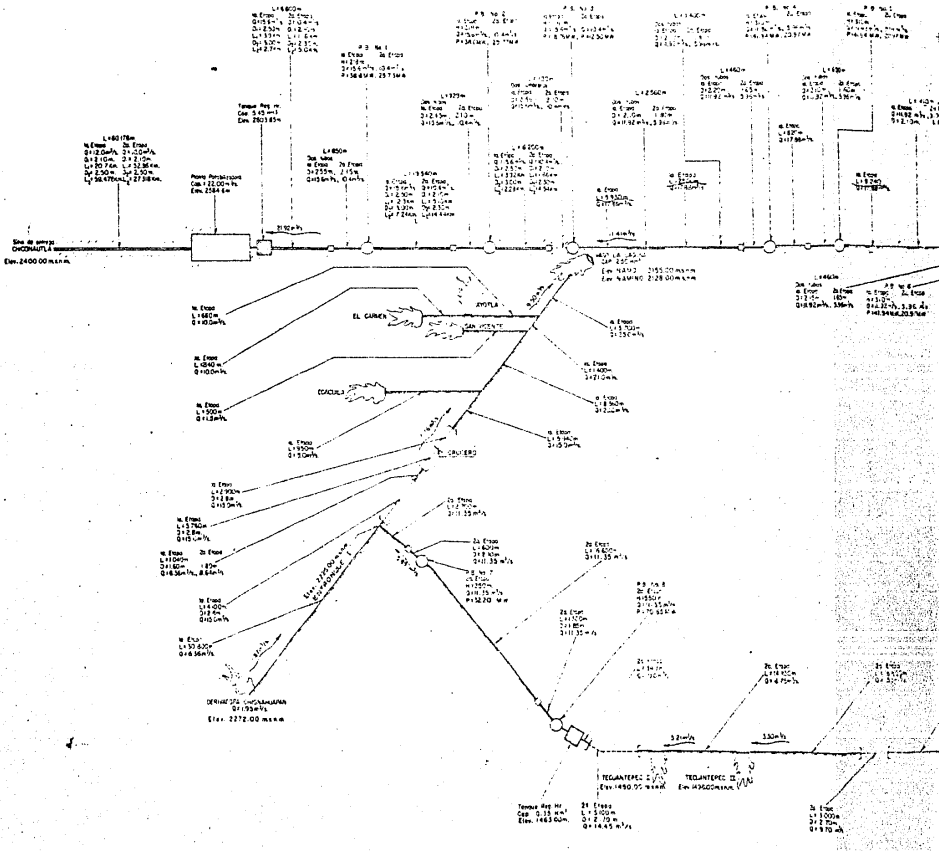


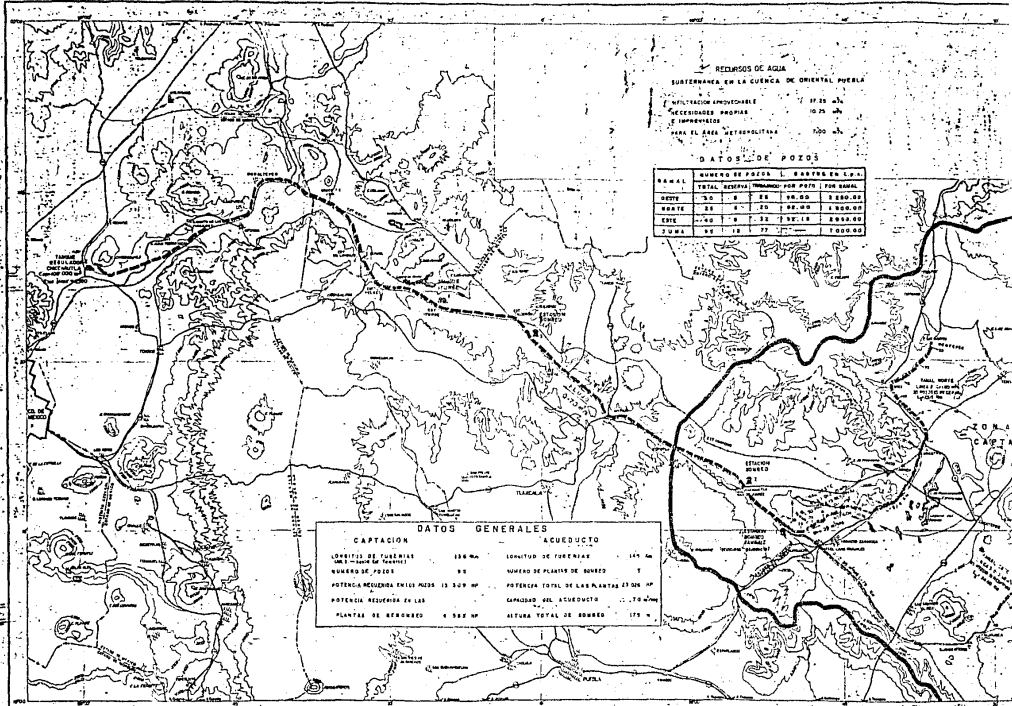
Lámina 3.5 Perfil del sistema cutzamala.





NOTA: - Es un sistema de abastecimiento de agua potable para el pueblo de CACALIA de 100 habitantes. El sistema de abastecimiento de agua potable de CACALIA de 100 habitantes. El sistema de abastecimiento de agua potable de CACALIA de 100 habitantes.

Fotografiado por	ATEC, S.A. para	ATEC, S.A. CONSULTORES	Plano nº	DIRECCION	C A V M
	Comisión de Obras del Valle de México	Proyecto	Revisó	Revisó	Aprobó



REQUISOS DE AGUA
 SUBSISTEMA EN LA CUENCA DE ORIENTAL PUERTO
 CAPACIDAD PROVEEDORA 1750 m³
 REQUISITOS PROGRAM 1025 m³
 SUPLEMENTOS PARA EL AREA METROPOLITANA 1000 m³

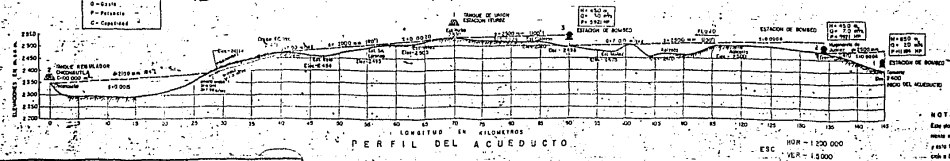
DATOS DE POZOS

POZOS	TIPO	PROFUNDIDAD (M)	CAUDAL (L/S)
POZO 1	ARTESIANO	150	1.500
POZO 2	ARTESIANO	120	1.200
POZO 3	ARTESIANO	100	1.000
POZO 4	ARTESIANO	80	800
POZO 5	ARTESIANO	60	600
POZO 6	ARTESIANO	40	400
POZO 7	ARTESIANO	20	200

DATOS GENERALES

CAPTACION	ACUEDUCTO
LONGITUD DE LA LINEA 134 KM	ESTRUCTURA DE FORENSIAS 144 KM
ANCHO DE LA LINEA 80 M	TIPO DE ALIENTO DE BOMBEO 1
POTENCIAL MEDIO EN LOS PUERTOS 19 500 HP	POTENCIAL TOTAL DE LAS BOMBAS 43 000 HP
POTENCIAL MEDIO EN LAS PLANTAS DE BOMBEO 4 300 HP	ALTIURA TOTAL DE BOMBEO 170 M

NO MENCLATURA
 - Línea de Bombeo
 - Estación
 - Pila
 - Cerrillo



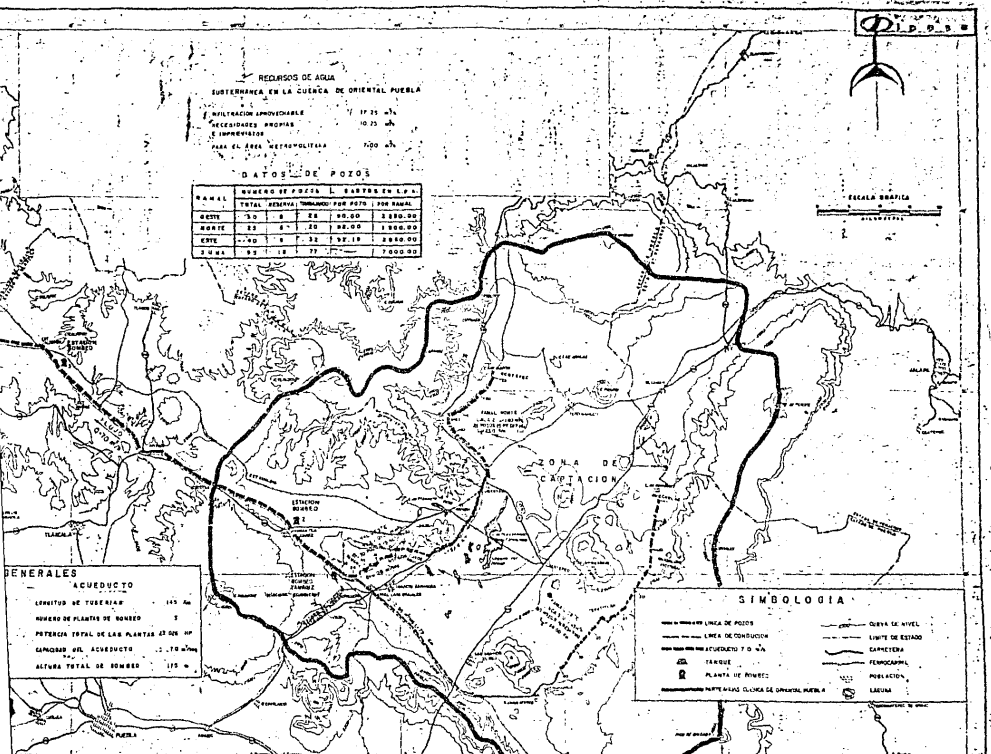
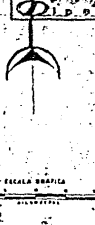
NOTAS
 - Este plano es un croquis.
 - No se debe usar para obras definitivas.
 - El terreno es de propiedad del Estado.
 - No se debe usar para otros fines.

COMITENTE: S. R. E. S. A. COMPANIA CONTRATISTA: COMISION DE AGUA DEL VALLE DE MEXICO
 Para el Estudio de Agua del Valle de México. Proyecto: Agua del Valle de México. Fase: Estudio de Agua del Valle de México. Año: 1950. Escala: 1:50,000.

REGIMEN DE AGUA
SUBSISTEMA EN LA CUENCA DE ORIENTAL PUERLA
 DISTRIBUCION ANUAL
 ASESORADO PROPIA 17.11 km²
 ASESORADO PROPIA 10.71 km²
 ASESORADO PROPIA 10.71 km²
 PARA EL AREA METROPOLITANA 7000 km²

DATOS DE POZOS

PARCELAS	NÚMERO DE POZOS L. BASTOS EN L.A.				
	TOTAL	ASISTENTE	MANEJO	POA PETA	
ACU	20	8	28	10.60	2800.00
COM	20	8	28	10.60	1000.00
TOTAL	40	16	56	21.20	3800.00

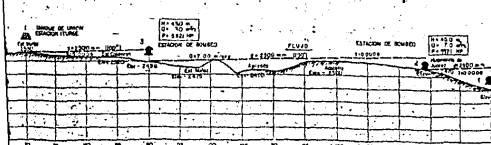


ACUEDUCTO

LONGITUD DE TUBERIAS 145 km
 NÚMERO DE PLANTAS DE BOMBEO 3
 POTENCIA TOTAL DE LAS PLANTAS DE BOMBEO 170 HP
 LONGITUD DEL ACUEDUCTO 1.70 km
 CANTIDAD TOTAL DE BOMBEO 170 m³

SIMBOLOGIA

— LINEA DE POCOS	— CUBETA DE NIVEL
— LINEA DE CONSTRUCCION	— LIMITE DE ESTADO
— LINEA DE ACUEDUCTO 7.0 m	— CANCHERIA
— TANQUE	— FERROCARRIL
— PLANTA DE BOMBEO	— PUEBLACION
— BARRIO DE AGUA (CUBETA DE NIVEL)	— CANTON



NOTAS

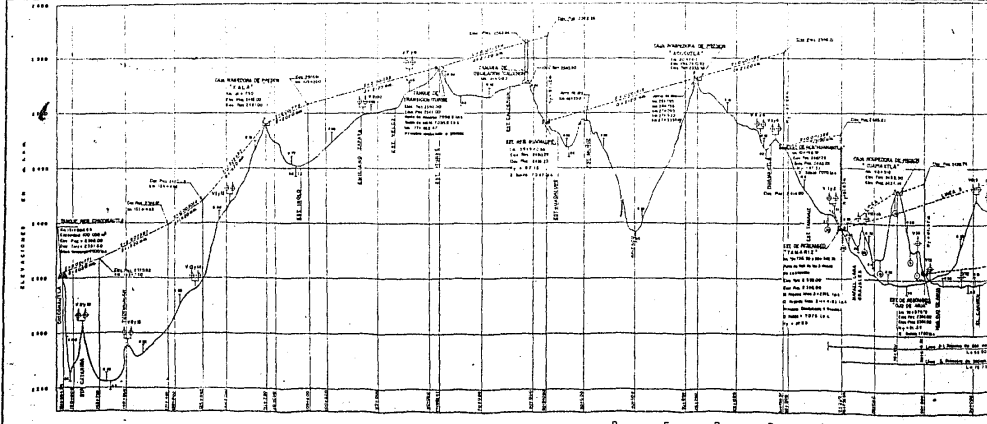
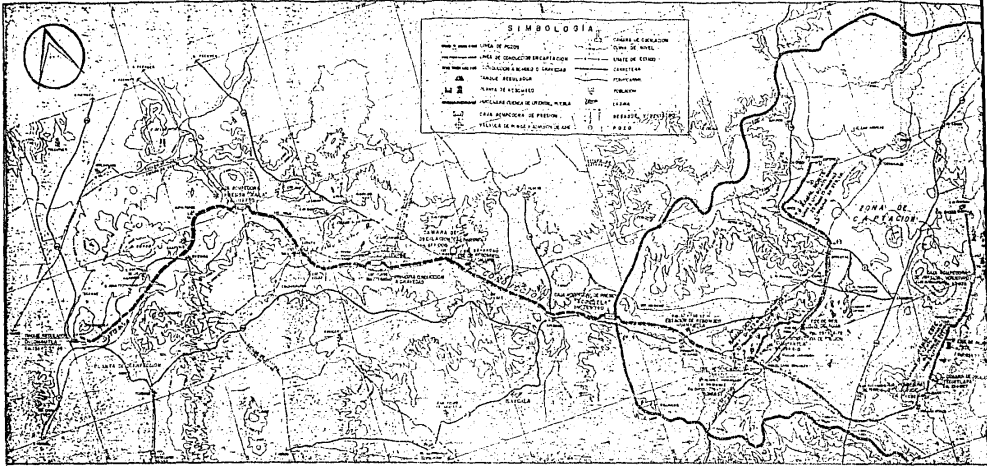
Este plano constituye un documento preliminar para ser complementado con los datos de levantamiento que se obtengan durante el estudio de factibilidad y de los trabajos de construcción de las obras.
 Este estudio se hizo en el mes de Julio de 1958 en la ciudad de Puebla.
 La escala gráfica es de 1:500 000 del nivel del mar a una altura de 2000 m.

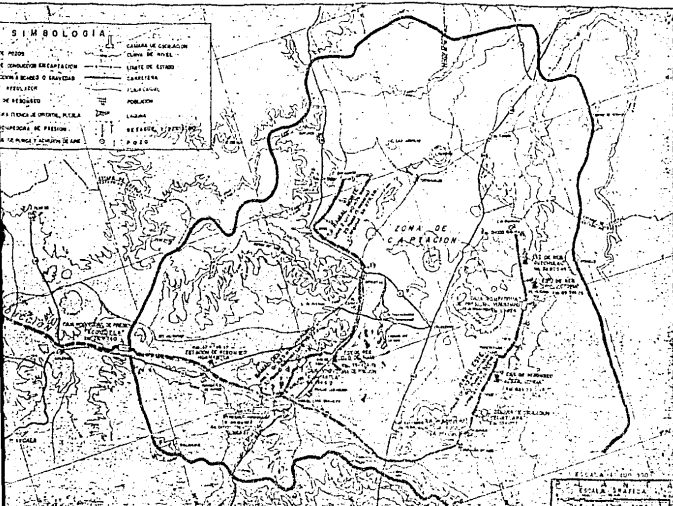
PLANO N° 14

SRH COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
 DISEÑO N° 122

SISTEMA GENERAL DE AGUAS
PLANEACION GENERAL

FECHA: 1958
 ESCALA: 1:500 000
 C.A.-D-11-790





DATOS DE PROYECTO

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

DATOS DE TUBERIA CAPTACION

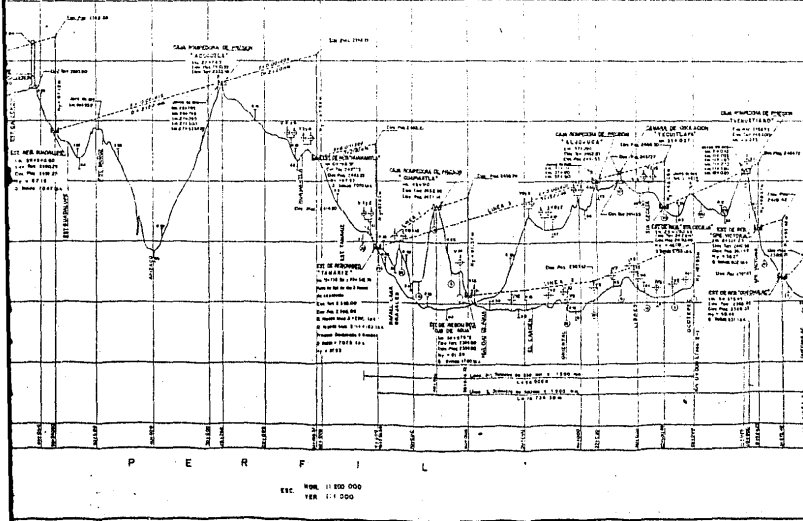
TRAMO	TIPO DE TUBERIA	DIAMETRO	LONGITUD
1
2
3
4
5

CONDUCCION

TRAMO	TIPO DE TUBERIA	DIAMETRO	LONGITUD
1
2
3
4
5

PLANO DE REFERENCIA

NUMERO	DESCRIPCION	ESCALA
1
2
3
4
5



NOTAS

1. Este es un proyecto preliminar de diseño.
2. Los datos de terreno fueron obtenidos de un levantamiento topográfico realizado en el mes de Mayo de 1955.
3. El sistema de abastecimiento de agua se basa en un manantial que produce un caudal de 1.5 litros por segundo.
4. La tubería de captación tiene un diámetro de 150 mm.
5. La tubería de conducción tiene un diámetro de 150 mm.
6. El sistema de abastecimiento de agua se basa en un manantial que produce un caudal de 1.5 litros por segundo.
7. La tubería de captación tiene un diámetro de 150 mm.
8. La tubería de conducción tiene un diámetro de 150 mm.

SRH COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO
 DIRECCION GENERAL DE INGENIERIA

PROYECTO

AGUA POTABLE PARA EL PUEBLO DE SAN MARCOS DE ARRIBA

ESTADO DE MEXICO

NO. DE PROYECTO: 11-51

CUADRO 2.1 LAS DIEZ CIUDADES MAS POPULOSAS DEL MUNDO
(MILLONES DE HABITANTES)

1 9 5 0		1 9 8 0		2 0 0 0	
NUEVA YORK	12.3	NUEVA YORK	20.2	CD. DE MEXICO	31.0
LONDRES	10.4	TOKIO	20.0	SAO PAULO	25.5
RHIN RUBA	6.9	CD. DE MEXICO	15.0	SHANGAI	23.7
TOKIO	6.7	SHANGAI	14.3	TOKIO	23.7
SHANGAI	5.8	SAO PAULO	13.5	NUEVA YORK	22.4
PARIS	5.5	LOS ANGELES	11.6	PEKIN	20.9
BUENOS AIRES	5.3	PEKIN	11.4	RIO DE JANEIRO	19.0
CHICAGO	4.9	RIO DE JANEIRO	10.7	BOMBAY	16.5
MOSCU	4.8	BUENOS AIRES	10.1	CALCUTA	16.4
CALCUTA	4.6	LONDRES	10.0	YAKARTA	15.7

**CUADRO 2.2 INCREMENTO DEMOGRAFICO EN EL DISTRITO FEDERAL
Y EN EL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO (AMCM)**

AÑO	POBLACION EN EL DISTRITO FEDERAL	POBLACION EN EL AMCM	AREA URBANA (HA)
1900	541 000		2 713
1910	721 000		4 010
1921	906 000		4 637
1930	1 230 000		8 608
1940	1 760 000		11 753
1953	3 480 000		24 058
1960	4 870 000	5 186 000	36 000
1970	6 874 165	8 797 000	56 500
1980	9 500 000	14 500 000	100 000

CUADRO 2.3 DISTRIBUCION DE LOS USOS DEL AGUA

U S O	NUMERO DE USUARIOS	C A U D A L	
		(m ³ /s)	%
DOMESTICO	1 900 000 VIVIENDAS	22	69
INDUSTRIAL	30 000 ESTABLECIMIENTOS	5	16
SERVICIOS	60 000 ESTABLECIMIENTOS	4	12
COMERCIAL	120 000 ESTABLECIMIENTOS	1	3
T O T A L:	2 110 000 USUARIOS	32	100
USOS NO CONTABILIZADOS	USOS PUBLICOS Y FUGAS	8 40 m ³ /s	

CUADRO 2.4 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN 1982

DEPENDENCIA QUE CONTROLA LOS SISTEMAS	NUMERO DE POZOS	CAUDAL PROMEDIO (m ³ /s)
DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HIDRAULICA DDF		
Lerma	234	9.4
Norte	.Chiconautla	39
	.Pozos municipales	23
Sur	.Xochimilco-Mixquic-Kotepingo	122
	.Pozos municipales	21
Centro	.Pozos municipales	96
Oriente	.Pozos municipales (Peñón de los Baños)	41
Poniente	.Pozos municipales	18
	.Río Magdalena (agua superficial)	-
		0.2
Manantiales	-	0.3
Pozos Particulares	<u>538</u>	<u>1.7</u>
Sub-Total	1 132	27.4 (68%)
COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO (SARH)		
Cinco sistemas de pozos	209	10.6
Río Cutzamala (agua superficial)	-	<u>2.0</u>
Sub-Total	209	12.6 (32%)
T o t a l:	1 341	40.0 (100%)

CUADRO 2.5 PLANTAS POTABILIZADORAS

ZONA	P L A N T A	CAPACIDAD INSTALADA m ³ /s	P	R	O	C	E	S	O
			CLARIFI- CACION	AIREACION FORZADA	OZONA CION	CLORA CION	RECLO- RACION		
Lerma	Almoloja del Río	5.2						•	
	Santa María Atarasquillo	9.3						•	
Poniente	El Venado	22.0							•
	El Conejo	5.2							•
	*El Cartero	3.0							•
	*Campamento Palmas	22.0							•
	Río Magdalena	0.2	•					•	
Norte	San Juanico	5.2						•	
	San Luis Tlaxialtemalco	5.2						•	
Sur	La Noria	4.5						•	
	Cerro de la Estrella	8.6							•
	Xotepingo	6.7							•
	Ing. Francisco de Garay	0.5			•		•	•	
	Manantiales	1.0						•	
Centro	Pozos municipales	15.0						•	
	El Peñón	2.0						•	
Oriente	Ing. Manuel Marroquín y Rivera	0.3	•					•	
	Ing. Roberto Vega Gayol	0.1			•		•	•	

* Para emergencias.

CUADRO 2.6 CALIDAD DEL AGUA EN LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO OPERADAS POR LA DGCOH

PARAMETROS CON CONCEN- TRACION CRECIENTE DE 1955 A 1980	SISTEMA LERMA	SUR	CENTRO- ORIENTE	NORTE	MANAN- TIALES
Sólidos totales	•	•	•	•	•
Color	•	•	•		
Alcalinidad		•	•	•	
Dureza		•	•	•	
Nitrógeno amoniacal		•	•		
Hierro	•		•		
Manganeso	•		•		
Cloruros				•	
Materia orgánica	•	•	•		

CUADRO 2.7 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

P L A N T A	CAPACIDAD INSTALADA l/s	CAPACIDAD APROVE CHABLE l/s	%	INICIO DE OPE RACION
Cerro de la Estrella	2 000	1 800	90	1971
Xochimilco	1 250	0	0	1959
San Juan de Aragón	500	300	60	1964
Ciudad Deportiva	230	230	100	1958
Chapultepec	160	160	100	1956
Acueducto de Guadalupe	80	0	0	1982
Bosques de las Lomas	55	22	40	1973
El Rosario	25	22	88	1981
T O T A L:	4 300	2 534	59	

Además se programa terminar la planta de Ciudad Universitaria, con una capacidad instalada de 40 l/s.

**CUADRO 2.8 POBLACION Y DEMANDA DE AGUA PREVISTAS
PARA EL AÑO 2000 EN LAS DELEGACIONES DEL DISTRITO FEDERAL**

D E L E G A C I O N	POBLACION		DEMANDA	
	MILES HAB.	%	m ³ /s	%
Azcapotzalco	881	5	4.1	6
Alvaro Obregón	1 592	9	5.9	8
Benito Juárez	917	5	5.0	7
Coyoacán	1 019	6	5.3	7
Cuajimalpa	574	3	1.5	2
Cuauhtémoc	1 192	7	10.5	14
Gustavo A. Madero	2 638	15	9.0	13
Iztacalco	833	5	2.7	4
Iztapalapa	1 787	10	5.8	8
Magdalena Contreras	415	2	1.2	2
Miguel Hidalgo	977	6	5.9	8
Milpa Alta	553	3	1.7	2
Tláhuac	971	6	3.3	4
Tlalpan	669	4	2.1	3
Venustiano Carranza	1 140	7	4.8	7
Xochimilco	1 168	7	3.4	5
T O T A L:	17 326	100	72.2	100

CUADRO 4.1 DATOS BASICOS LINEA 2-1

C O N C E P T O	L I N E A	
	2	1
Número de pozos en operación normal	20	25
Número de pozos en reserva	5	5
Caudal de cada pozo, en l/s	90	90
Caudal total de la línea, en l/s	1,800	2,250
Distancia entre pozos, en m	960	600
Tubería de asbesto-cemento, en Km	8.140	2.655
Tubería de concreto pretensado, en Km	31.737	15.400
Diámetro variable de 356 mm a 1,520 mm		
Planta de rebombeo Ojo de Agua	Q =	1,800 l/s
	H =	91.37 m

CUADRO 4.2 DATOS BASICOS LINEA DE POZOS 3

Número de pozos en operación normal	32
Número de pozos en reserva	8
Caudal en cada pozo, en l/s	92.19
Caudal total de la línea, en l/s	2 950
Distancia entre pozos, en m	780
Tubería en asbesto-cemento, en Km	8.524
Tubería de concreto presforzado, en Km	68.155
Diámetro variable de 300mm a 1,520mm	

ESTACIONES DE REBOMBEO	CAUDAL l/s	CARGA TOTAL m
Quechulac	551.22	55.46
Guadalupe Victoria	1 102.07	58.27
Santa Cecilia	2 753.40	46.09

CUADRO 4.3 CARACTERISTICAS DEL EQUIPO
ELECTROMECHANICO DE LOS POZOS

LINEA	NO. POZOS	NO. DE PASOS DE LA BOMBA	POTENCIA DEL MOTOR (HP)
1	1	5	125
	8	5	150
	21	6,7	200
2	4	5	125
	8	5,6	150
	9	6,7	200
	4	9	250
3	3	4,6	125
	1	5	150
	8	6	200
	19	8,9	250
	9	10,0	300

CUADRO 4.4 DATOS BASICOS DEL TRAMO A BOMBEO

LONGITUD TOTAL: 77.622 KM.

TUBERIA DE CONCRETO PRETENSADO

DIAMETRO: 2.120 mm.

ESTACIONES DE REBOMBEO	CAUDAL l/s	CARGA TOTAL m
Tamariz	7,075	97.83
Huamantla	7,070	97.53
Guadalupe	7,047	87.15

CUADRO 4.5 DATOS BASICOS DEL TRAMO A GRAVEDAD

LONGITUD TOTAL DEL TRAMO: 74.325 km

TUBERIA DE CONCRETO PRETENSADO

DIAMETRO VARIABLE 1,620 - 2,120 mm

CAUDAL DE DISEÑO 7,036.5 l/s

CUADRO 4.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE REBOMBEO Y EQUIPOS ELECTROMECANICOS,
EN LAS LINEAS DE CAPTACION Y CONDUCCION

ACUEDUCTO ORIENTAL, PUE. AREA METROPOLITANA

ESTACION DE REBOMBEO	I. LINEA	LOCALIZACION km	ELEVACION m.s.n.m.	Q m ³ /s	H. TOTAL m	E Q U I P O S OPERACION RESERVA
Ojo de Agua	2-1	39+876.72	2 355.00	1.800	91.37	2 1
Quechulac	3	3+875.45	2 368.45	0.551	55.46	1 1
Guadalupe Victoria	3	8+524.25	2 410.50	1.102	58.27	2 1
Santa Cecilia	3	25+030.68	2 429.40	2.753	46.09	3 1
Tamariz	conduccion	0+000.00	2 395.00	7.075	97.83	8 2
Huamantla	conduccion	10+796.37	2 467.25	7.070	97.53	8 2
Guadalupe	conduccion	56+940.60	2 490.25	7.047	87.15	8 2

NOTA: Los kilometrajes están referidos al origen de cada línea.