

24  
2 eje.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ACATLAN

INGENIERIA CIVIL



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM

**PROBLEMATICA DEL AGUA  
EN EL AREA METROPOLITANA**

**T E S I S   P R O F E S I O N A L**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

**INGENIERO CIVIL**

PRESENTA :

**ALEJANDRO TREJO VILLEDA**



ACATLAN, EDO. DE MEXICO

1994



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 esta 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.



ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"  
DIVISION DE MATEMATICAS E INGENIERIA

RELACION DE PROFESORES QUE FUNGTAN COMO SINDICALES  
EN EL EXAMEN PROFESIONAL QUE PRESENTARA EL C. DR.  
ALONSO TREJO VILEDA ALEJANDRO  
EN LA CARRERA INGENIERIA CIVIL  
Y QUE SE DEBERAN FIRMAR DE ENTERADO:

Presidente:

ING. BENIGNO ALVARADO AGUIRRE  
CARR. MALACATZ TTD. 1 25  
TEL. 2304  
TEL. 2304-2304

Vocal:

ING. JOSE DE JESUS VILA SANCHEZ  
CARR. MALACATZ TTD. 1 25  
TEL. 2304  
TEL. 2304-2304

Secretario:

ING. JULIAN AGUIRRE AGUIRRE  
CARR. MALACATZ TTD. 1 25  
UNIDAD LOCAL DE PLANEACION  
TEL. 2304-2304

Suplente:

ING. HERMENEGILDO RIVERA ESPINOSA  
CARR. MALACATZ TTD. 1 25  
TEL. 2304  
TEL. 2304-2304

Suplente:

ING. PAUL JOSE RIVERA  
AV. ANDRES MOLINA PRODUCCION DE BARRILES DE  
COL. SAN ANDRES TITERRA, 20  
TEL. 668-46-07

**A DIOS TODOPODEROSO**

Por brindarme todas las oportunidades  
que se me presentan mediante  
la vida que me da.

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**Y A LA**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN**

Por darme la oportunidad de  
lograr una meta más

**A MIS PADRES**

Ranulfo (a su memoria).  
Toribia (a su memoria).  
Victoria: Por quien sin su  
enorme sacrificio no  
hubiese sido lo que soy.

#### **A MIS HERMANOS**

Humberto, Graciela, Lilia,  
Hilda, Angel David, Gloria,  
Ranulfo y Héctor.

A los cuales les debo grandes  
momentos de felicidad, ya que  
me han brindado cariño, ayuda  
y comprensión.

#### **A MI ASESOR**

Ing. Ignacio Lizárraga G.  
Por la aportación de sus conocimientos  
para llevar a cabo este trabajo.

#### **A MIS MAESTROS**

Por sus experiencias transmitidas.

#### **EN FORMA ESPECIAL**

A todas las personas que creyeron en mí  
y que colaboraron para  
hacer posible este trabajo.

PROBLEMATICA DEL AGUA EN EL AREA METROPOLITANA DE LA  
CIUDAD DE MEXICO

INDICE

PAGINA

Introducción.....I

CAPITULO 1

Demanda y Distribución del Agua en la Zona

Metropolitana de la Ciudad de México.....1

1.1) Diferentes Usos del Agua en la Zona

Metropolitana de la Ciudad de México.....1

1.2) Demanda del Agua Para Cada Tipo de Uso.....18

1.3) Costo del Agua y el Cobro a los Usuarios....29

CAPITULO 2

Fuentes de Abastecimiento del Agua para el

Area Metropolitana.....39

2.1) El Abastecimiento a la Ciudad Hasta 1980....39

2.2) El Abastecimiento de 1980 a 1994.....48

2.3) Posibles Fuentes de Abastecimiento a Futuro.....	55
2.4) Los Costos y los Impactos Ambientales de Cada Alternativa.....	68

### **CAPITULO 3**

<b>Racionamiento, Reuso y Reciclaje.....</b>	<b>81</b>
3.1) Control del Excesivo Consumo del Agua por Habitante.....	81
3.2) Reuso del Agua Para los Diferentes Tipos de Uso.....	91
3.3) El Tratamiento de Aguas Residuales.....	100
3.3.1) Generación de Electricidad.....	107
3.3.2) Drenajes Pluviales.....	109

### **CAPITULO 4**

<b>Futuro Factible del Problema del Agua en la Megalópolis de la Ciudad de México.....</b>	<b>117</b>
4.1) Formulación de la Megalópolis de la Ciudad de México.....	117
4.2) Análisis de la Red Primaria para la Megalópolis de los años futuros.....	128
4.3) Nuevas tecnologías del Siglo XXI.....	135
<b>Conclusiones.....</b>	<b>141</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>145</b>

## INTRODUCCION.

Hablar del agua, es hablar de un elemento indispensable para la vida humana, aclarando que a esta no se le da el valor real como ocurre con otros recursos ya que solo se considera la inversión y el gasto de operación y mantenimiento.

En el Capítulo 1 hablamos del principal problema que enfrenta la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) que es el desequilibrio entre la oferta y la demanda de este vital recurso, haciendo notar que esto se debe principalmente a la gran centralización de un gran número de actividades tanto sociales, políticas, económicas, etc; provocando con ello grandes asentamientos lo cual provoca que la mancha urbana sea aun más grande.

En cuanto al cobro del agua, este se presenta desde la época del México independiente, donde se intento reglamentar su uso. Por lo que a partir de esas fechas el servicio de agua se empieza a cobrar por medio de consumos aproximados. En la actualidad el costo que pagamos por este necesario servicio es mínimo si lo comparamos con todos los obstáculos que se tienen que vencer para poder disponer de el en el momento que se requiera. Por lo que hacemos una serie de sugerencias para implantar cuotas que

provoquen una mayor eficiencia, planteando también diversos métodos para determinar el precio del servicio.

En lo que respecta al Capítulo 2 se pudo recopilar información principalmente de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) acerca de las fuentes de abastecimiento que se tuvieron en un principio a la Ciudad de México y el progreso que fueron teniendo hasta nuestros días.

Se da también una proyección de las futuras fuentes de abastecimiento, analizando para ello los costos que se tendrían para cada alternativa, planteando para ello los impactos ambientales que sufrirían las regiones de las cuales se obtendría dicho abastecimiento.

Establecer las bases primordiales para determinar el consumo que se tiene por habitante es lo correspondiente al Capítulo 3, en el cual se plantean diferentes opciones para ajustar el consumo al mínimo indispensable.

Se plantean también alternativas para poder reusar el agua, pues como sabemos una gran cantidad de recursos se pueden reusar y para nuestro estudio. ¿Por qué no el agua?. Ya que según estudios realizados la cantidad de agua utilizada en industrias el 25% no requiere de calidad potable, por lo que haciendo esta consideración se llevan a cabo diferentes estudios para poder reusar la mayor cantidad de agua posible.

En lo que respecta al tratamiento de aguas residuales es un punto al que se le debe dar especial atención, y no la tiene debido a una errónea política de subsidios.

La formulación de la megalópolis de la Ciudad de México se plantea en el Capítulo 4, haciendo una proyección del futuro que tendrá nuestra zona en cuanto al área ocupada, así como el agua que se requerirá debido al consumo por habitante, además remarcando la gran concentración que se tiene de todos los servicios lo cual hace aun mayor el crecimiento de la megalópolis.

Se analiza la red primaria con la que se cuenta y en base a información proporcionada por la DGCOR se pudo recopilar el futuro que tendrá dicha red para poder cubrir el abasto a la gran megalópolis.

Se presta especial importancia en cuanto a la tecnología con la que se contará en materia de agua potable para poder proveer a la ZMCM.

## CAPITULO 1.



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM

### DEMANDA Y DISTRIBUCION DEL AGUA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.

#### 1.1 DIFERENTES USOS DEL AGUA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.

El agua es el líquido vital formado por la combinación de dos gases, en proporción de dos partes de hidrógeno por una de oxígeno y cuya fórmula química es  $H_2O$ . Sin color, sin olor e insabora en su estado puro. Es común para sus tres estados físicos: sólido (hielo), líquido (agua) y gaseoso (vapor de agua o nubes). Es indispensable para el desarrollo y la subsistencia de todas las expresiones de vida, constituye del 50 al 90% del peso de las plantas y de los animales, es disolvente para muchas sustancias. Provoca un sinnúmero de reacciones químicas, pero lo más importante es la hidrólisis de los carbohidratos, proteínas y grasas que son base de la digestión y asimilación de los alimentos indispensables para la vida animal y humana.

Los expertos calculan que el volumen total de agua en nuestro planeta es de aproximadamente 1500 millones de kilómetros cúbicos. De este gran volumen el 94% es agua salada, contenida en las cuencas oceánicas, los mares y algunos lagos, la cual en su estado natural no es potable para las formas de vida que habitan en la superficie terrestre. Solamente el 6% restante es agua dulce, de la que podemos decir que no toda es utilizada.

Analizando este 6% de agua dulce como un todo, veremos que equivale apenas a 90 millones de kilómetros cúbicos, de los cuales el 42% o sea 37.8 millones de kilómetros cúbicos es hielo, ubicado en los polos y glaciares y que hasta la fecha no existe una técnica que permita valernos de este considerable volumen de agua, se calcula que el 28% es inaccesible por encontrarse en mantos acuíferos demasiado profundos lo que dificulta su localización y su extracción es prácticamente imposible; por lo anterior solo contamos con 30% de agua dulce utilizable que proviene de las precipitaciones pluviales.

Una parte equivalente al 17% de agua dulce utilizable llega a los macizos continentales formando los ríos y lagos superficiales que, junto con las escorrentías subterráneas, cierran el ciclo de regresar el agua a los océanos. El agua que corre por la superficie de los continentes en ríos y lagos forma otro ciclo menor por la evaporación directa, que comprende el otro 13% restante. Ambos ciclos son vitales para las diferentes formas de

vida, puesto que sin ellos, en la superficie terrestre no lograrían subsistir los vegetales, los animales, ni la humanidad tal y como la conocemos.

En la República Mexicana, llueven anualmente 780 mm en promedio, equivalentes a 1530 kilómetros cúbicos. Al escurrimiento superficial corresponde la cuarta parte, o sea 410 kilómetros cúbicos, incluyendo flujo base proveniente del agua subterránea y escurrimiento subterráneo poco profundo en regiones que carecen de drenaje superficial. Hacemos notar que la distribución que se tiene de esta es muy desproporcionado, ya que mientras en el sureste se llega a 3000 mm en promedio, en el norte se tiene precipitaciones muy bajas que van desde 100 a 500 mm.

Estamos hablando entonces de que, tanto a nivel mundial como nacional hay escasez de agua y analizando nuestra área de estudio que es la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), (Ver Fig. 1) no solo es este problema, sino que habría que agregar el incremento de población que la hace aun más escasa.

La situación que se presentará a mediano plazo al incrementarse el desequilibrio entre la disponibilidad y los requerimientos de agua potable, motivaron al Departamento del Distrito Federal (DDF) a modificar el esquema planteado en 1979, consistente en buscar más fuentes de abastecimiento para incrementar la disponibilidad. Si bien se concluyó que era

**SIMBOLOGIA**

- - - - - Limite Estatal
- Limite de Cuenca
- ▨ Area Urbana de la Cd. de Mexico
- Poblacion

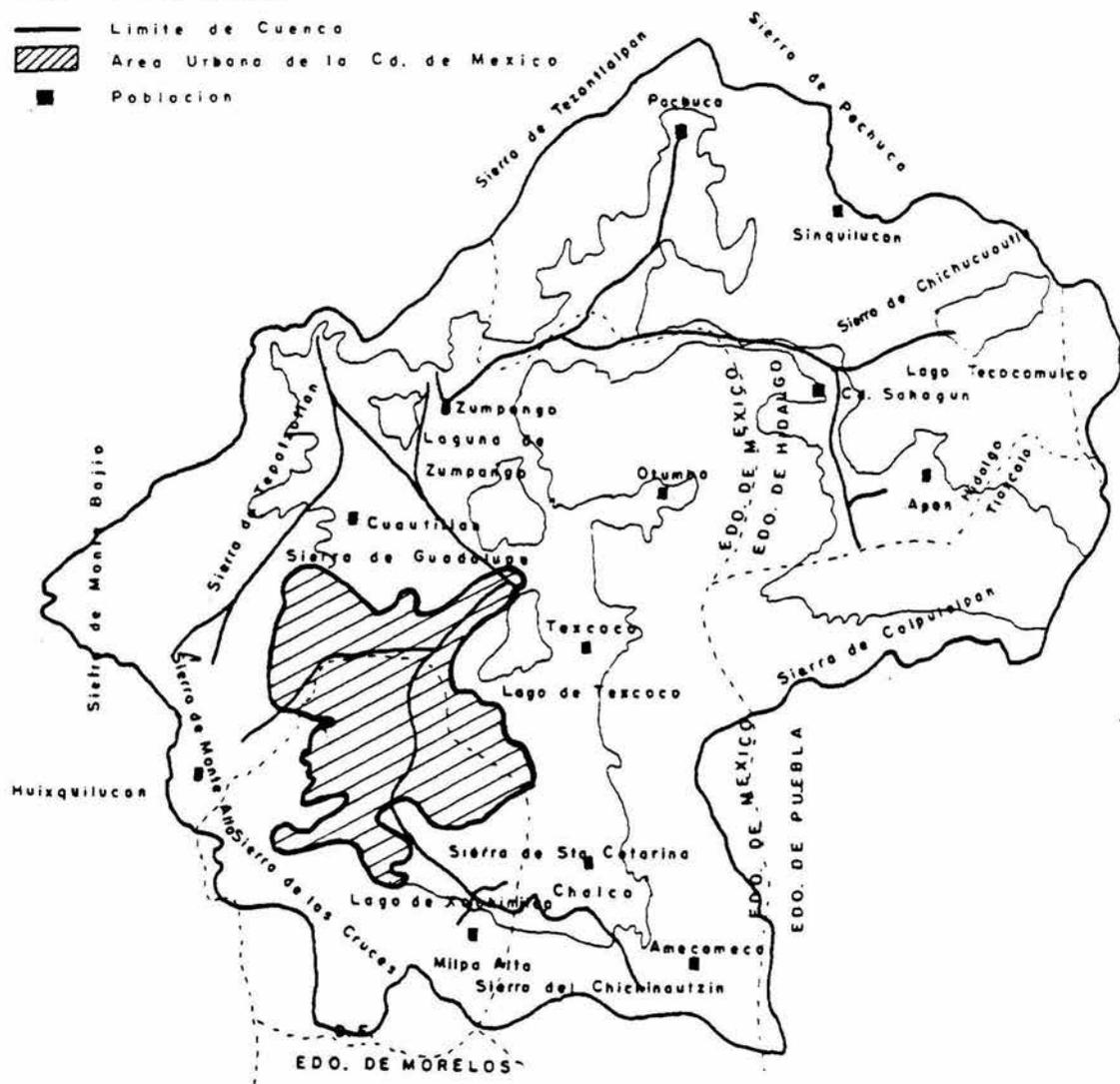


FIG. 1 CUENCA DEL VALLE DE MEXICO

indispensable suministrar cantidades adicionales a través de fuentes externas, por lo que se estudio en forma más intensiva la posible aplicación de medidas tendientes a disminuir los consumos excesivos, para lo cual fue necesario definir los requerimientos reales de los usuarios y plantear las estrategias encaminadas a modificar su comportamiento para lograr un uso eficiente del agua, dandole su verdadero sentido: recurso vital, pero escaso.

Las primeras acciones que se dieron dentro del Programa del Uso Eficiente Del Agua (PUEDA) no estaban integradas, ni enmarcadas en objetivos específicos; sin embargo, posteriormente se fueron dando las condiciones propicias para implantar este programa en 1984.

El programa desde su inicio ha tenido los siguientes objetivos específicos:

**1.- Utilizar al máximo los caudales de abastecimiento.**

Para cumplir este objetivo ha sido necesario desarrollar diversas actividades de planeación, construcción, operación y mantenimiento en el sistema hidráulico. El suministro debe estar siempre en términos de equidad, pues no se considera justo que algunos habitantes derrochen agua que es necesaria para otros que no tienen el servicio. Otro aspecto relevante es el de la calidad del agua que se proporciona, la cual debe mantenerse a un nivel

físico, químico y biológico, tal que cumpla con las normas vigentes y que garantice la salud de quien la consume.

**2.- Mejorar la administración de los servicios de agua y drenaje.**

La organización para proporcionar los servicios de agua potable, drenaje y agua residual tratada, ha tenido que enfrentar la dinámica asociada al crecimiento demográfico y la complejidad técnica y administrativa que significa servir a millones de usuarios.

Se considera que la autosuficiencia financiera de los servicios de agua potable, drenaje y agua residual tratada, es una meta factible de lograr si se incrementa la eficiencia en la captación de ingresos y se abaten los costos asociados al suministro de los servicios.

**3.- Reglamentar la prestación de los servicios de agua y drenaje.**

El reglamento de agua y drenaje fue desarrollado dentro de un marco de modernidad, que busca un mayor énfasis en el uso eficiente del agua y la preservación de la calidad.

La nueva reglamentación fué publicada el 25 de Enero de 1990

en el diario oficial de la federación, y entro en vigor en Marzo del mismo año y distingue claramente las características específicas de cada servicio que se suministra, a través del sistema hidráulico y establece los derechos y obligaciones que adquieren los usuarios.

En el caso de servicios de agua potable, destacan medidas específicas para evitar desperdicios y derroches.

**4.- Crear conciencia en los usuarios para que contribuyan al uso eficiente del agua.**

Para cumplir plenamente el programa del uso eficiente del agua la participación conciente y decidida de la ciudadanía es fundamental. Desafortunadamente no todos los usuarios tienen una clara noción de su valor real, del alto costo que significa llevar el líquido desde la fuente de captación hasta su domicilio, de los esfuerzos que para ello se realizan y de la necesidad de su uso eficiente.

Por tal razón, el programa contempló desde sus inicios la difusión de sus objetivos y de los resultados que se fueron obteniendo con su implantación.

Además de una campaña permanente a través de los distintos medios de comunicación, se ha efectuado la impresión de carteles,

calcomanías y diversos folletos que forman parte del programa de comunicación y permiten al usuario conocer las medidas más prácticas para ahorrar y cuidar el agua dentro de sus casas y valorar su importancia. Dentro de ellos se encuentran: "una gota de agua es vida", "cuidemos el agua hoy... para que mañana la tengan nuestros hijos", "échale llave a tu llave", "usted tiene la solución, cambie a 6 litros", "vamos a aprovecharla", "el plomero práctico", "lavemos la cisterna y el tinaco" y "hagamos un chorro por el agua", "cada gota paga cuota".

#### **5.- Reducir los consumos de agua en los muebles y accesorios hidráulicos.**

La sustitución de muebles sanitarios se inició a nivel piloto en la delegación B. Juárez con la instalación de 4 500 paquetes de bajo consumo en mercados, escuelas, edificios públicos y viviendas unifamiliares y multifamiliares. Cada paquete consistió en excusados de 6 litros de descarga, regaderas para baño de 10 litros por minuto, llaves de látigo que utilizan medio litro por minuto y regadera para fregadero que al instalarse en la boquilla de la llave reduce el consumo en un 25%. Como resultado de la medición de consumo, se ha obtenido un ahorro de un 20%.

A partir del primero de Julio de 1989 se inició la sustitución de muebles sanitarios y accesorios hidráulicos de bajo consumo, lo cual implica cambiar alrededor de 2 millones de

retretes que utilizan 6 litros por descarga, por los muebles tradicionales que en promedio requieren de 16 litros, con lo cual se logrará un ahorro de 4 300 litros por segundo.

Dicha sustitución se realiza en tres etapas: la primera, comprende el cambio de muebles en edificios públicos; la segunda, en el sector comercial, industrial y de servicios; la tercera, al usuario doméstico. El acabado y funcionamiento hidráulico de cada uno de los muebles que el DDF instala es avalado previamente en sus laboratorios, los cuales están acreditados por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Se han sustituido 400 mil muebles sanitarios que ahorran 0.93 metros cúbicos por segundo y se continua trabajando dentro de la segunda etapa del programa, la cual concluirá a finales de 1993.

Por otro lado, para precisar el conocimiento sobre los usos y usuarios del agua, la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) ha emprendido diversas acciones desde 1979, realizando estudios detallados de los patrones de uso doméstico en diferentes delegaciones y en zonas piloto distribuidas en toda el área metropolitana. Asimismo, puso en marcha un programa encaminado a obtener un mayor control de los usuarios que consumen grandes cantidades de agua, los cuales corresponden principalmente a usos no domésticos.

Debiendo entender por uso la cantidad de agua que recibe efectivamente un usuario para satisfacer sus requerimientos y que puede estar en ocasiones restringida por la disponibilidad del líquido en los medios de abastecimiento y distribución.

Por lo tanto se presentan los requerimientos de agua en el DF, desagregadas para cada tipo de uso.

### **USO DOMESTICO.**

Corresponde a la utilización de agua en la vivienda, tanto para satisfacer las necesidades propias de sus habitantes, como para la limpieza de la propia vivienda, el riego de jardines y otros usos exteriores como lavado de automóviles y limpieza de patios y calles.

Los requerimientos de agua en cada vivienda dependen de diversos factores técnicos, físicos y socioeconómicos. Estos factores, expresados conjuntamente en una dotación para uso doméstico, dan lugar a distintos requerimientos para las viviendas. Las diferencias en las dotaciones para uso doméstico obedecen fundamentalmente a patrones de consumo que reflejan las condiciones socioeconómicas de la población, las cuales se traducen a su vez en diferentes tecnologías de uso del agua (cantidad y calidad de las instalaciones hidráulicas, número y tipo de enseres o aparatos que utilizan agua, hábitos, etc.).

Las diferencias espaciales en las dotaciones para un mismo tipo de vivienda se deben principalmente a las características del sistema de regulación y distribución, que pueden conducir a niveles de servicio diferentes. También, para un mismo nivel de ingreso, la vivienda puede ser diferente dependiendo de su ubicación; por ejemplo, en el poniente de la ciudad de México existe una cierta tendencia a la construcción de condominios horizontales, mientras que en las delegaciones del centro, la tendencia es hacia la construcción de condominios verticales.

A continuación se muestra la Tabla 1 la cual nos da una proyección de los requerimientos de agua para uso doméstico para el Distrito Federal.

**TABLA 1**  
**REQUERIMIENTOS DE AGUA (lps)**

<b>DELEGACION\AÑO</b>	<b>1980</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>
A. Obregón	1 551	2 208	2 779	3 495	4 173
Azcapotzalco	1 392	1 618	1 823	1 960	2 097
B. Juárez	2 007	2 338	2 494	2 551	2 621
Coyoacán	1 523	1 881	2 175	2 411	2 670
Cuajimalpa	142	231	375	592	820
Cuauhtémoc	1 248	2 770	3 009	3 209	3 408
G.A. Madero	3 339	4 212	4 920	5 575	6 283
Iztacalco	933	1 126	1 303	1 435	1 585
Iztapalapa	1 835	2 302	2 683	3 030	3 405
M. Contreras	412	556	717	954	1 099
M. Hidalgo	1 226	1 652	2 079	2 403	2 794
M. Alta	61	149	270	497	793
Tláhuac	152	282	501	870	1 387
Tlalpan	875	1 110	1 346	1 543	1 753
V. Carranza	1 288	1 747	2 061	2 364	2 716
Xochimilco	362	653	994	1 552	2 226
<b>Total</b>	<b>18 346</b>	<b>24 844</b>	<b>29 529</b>	<b>34 441</b>	<b>39 830</b>

Fuente: Proyección de los Requerimientos de Agua 1980-2000

Enrique Aguilar y Asociados SC.

Nov. de 1982, México, D.F.

En estos rangos, aparentemente amplios, se refleja la posible evolución como consecuencia de cambios en los niveles de vida de la población en su localización espacial y sobre todo en la evolución de los patrones de uso.

### **USO INDUSTRIAL**

Incluye las posibles necesidades de un establecimiento industrial, incluyendo el agua necesaria para enfriamiento, para proceso (como materia prima o auxiliar), para servicios generales y para oficina.

Conforme a las tendencias y a la información que se presenta en el directorio industrial (CONCAMIN), el número de establecimientos industriales ha permanecido relativamente constante. En consecuencia, el crecimiento industrial se ha traducido en incrementos de la capacidad instalada en los establecimientos existentes.

En el programa hidráulico del DF se consideró que los requerimientos de agua para uso industrial no rebasaban los 5 metros cúbicos por segundo y hacia 1990 ascenderían a cerca de 9 metros cúbicos por segundo.

Por otro lado, el 31% de los requerimientos de agua se localizan en la delegación Azcapotzalco, otro 17% en la delegación

Miguel Hidalgo, un 10% en la delegación G. A. Madero y el 33% restante se distribuye en las otras doce delegaciones.

Conforme a las hipótesis de crecimiento de la producción industrial se procedió a proyectar los requerimientos de agua para uso industrial. Esto lo podemos observar en la Tabla 2.

**TABLA 2**  
**REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA USO INDUSTRIAL (lps) .**

<b>DELEGACION\AÑO</b>	<b>1980</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>
A. Obregón	428	445	459	475	492
Azcapotzalco	2 317	2 579	2 728	2 889	3 063
B. Juárez	441	480	516	556	599
Coyoacán	345	371	398	427	459
Cuajimalpa	4	4	4	4	4
Cuauhtémoc	626	670	699	730	764
G.A.Madero	716	797	848	903	962
Iztacalco	289	324	342	363	385
Iztapalapa	429	475	504	536	570
M.Contreras	2	2	2	3	3
M.Hidalgo	1 303	1 463	1 557	1 658	1 769
M.Alta	0	0	0	0	0
Tláhuac	14	17	18	19	21
Tlalpan	121	130	138	147	157
V.Carranza	235	249	258	267	278
Xochimilco	56	60	64	69	75
<b>Total</b>	<b>7 326</b>	<b>8 066</b>	<b>8 535</b>	<b>9 046</b>	<b>9 601</b>

Fuente: Proyección de los Requerimientos de Agua 1980-2000

Enrique Aguilar y Asociados SC

Nov. 1982, México, D.F.

### **USO COMERCIAL**

Incluye los usos de los establecimientos considerados como comercios dentro del Catálogo Mexicano de Actividades Económicas (CMAE). Los usos en este caso se refieren principalmente a la

limpieza de los establecimientos y de los productos en venta, así como los servicios para empleados y clientes. Como caso especial se incluyen las gasolineras y las concesionarias de automóviles. Cabe mencionar que esta información incluye también los locales o expendios de los mercados públicos.

De acuerdo con el catálogo de índices de requerimientos de agua en función del personal ocupado, a nivel de clase de actividad, se procedió a estimar los requerimientos totales para este uso. En la Tabla 3 se muestran dichos requerimientos.

**TABLA 3**  
**REQUERIMIENTOS DE AGUA (lps)**

<b>DELEGACION\AÑO</b>	<b>1980</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>
A. Obregón	43	57	69	78	82
Azcapotzalco	96	126	153	173	181
B. Juárez	173	228	276	312	326
Coyoacán	42	56	68	77	80
Cuajimalpa	4	5	6	7	7
Cuauhtémoc	707	928	1 123	1 272	1 329
G. A. Madero	155	204	247	279	292
Iztacaico	56	74	90	102	106
Iztapalapa	68	89	108	122	128
M. Contreras	7	9	10	12	12
M. Hidalgo	177	232	281	318	332
M. Alta	4	5	6	7	7
Tláhuac	5	7	8	10	10
Tlalpan	14	19	23	26	27
V. Carranza	149	196	237	269	281
Xochimilco	17	22	27	30	31
<b>Total</b>	<b>1 717</b>	<b>2 257</b>	<b>2 732</b>	<b>3 094</b>	<b>3 231</b>

Fuente: Proyección de los Requerimientos de Agua 1980-2000

Enrique Aguilar y Asociados SC

Nov. 1982, México, D.F.

Como podemos observar, este uso no representa un requerimiento importante. En cuanto a su distribución espacial, el 41% de los requerimientos se localizan en la delegación Cuauhtémoc, otro 30% se reparte en las delegaciones Benito Juárez, G.A. Madero y Miguel Hidalgo y el 29% en las doce delegaciones restantes.

### **USO EN SERVICIOS**

El cual incluye los establecimientos considerados dentro del censo correspondiente, abarcando los servicios de instituciones de crédito y seguros; profesionales y técnicos; de alojamiento temporal; recreativos y de esparcimiento; de preparación y servicio de alimentos y bebidas; de reparación, aseo y limpieza, y de alquiler. Asimismo incluye servicios sociales y comunales; principalmente los servicios privados de enseñanza, investigación científica y difusión cultural, así como los servicios privados médicos, veterinarios y de asistencia social.

Al igual que en los usos comerciales, se integro el catálogo de índices de requerimientos a nivel de clase de actividad. Con estos índices se procedió a determinar los requerimientos totales para uso en servicios y se obtuvieron índices de requerimientos ponderados a nivel subgrupo y grupo de actividad, con el propósito de considerar la distribución espacial de los requerimientos.

Destacan por su importancia cuatro grupos: el de servicios personales para el hogar y diversos (incluye baños públicos, peluquerías, salones de belleza, lavanderías y tintorerías); el de preparación y servicio de alimentos y bebidas (restaurantes y bares); el de servicios de alojamiento temporal (hoteles, moteles, etc.), y el de servicios recreativos y de esparcimiento.

En la tabla 4 se muestran los requerimientos de agua para uso en servicios.

**TABLA 4**  
**REQUERIMIENTOS DE AGUA EN SERVICIOS (lps)**

<b>DELEGACION/AÑO</b>	<b>1980</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>
A. Obregón	135	168	192	215	224
Azcapotzalco	106	131	150	168	175
B. Juárez	413	513	586	655	685
Coyoacán	135	167	191	214	223
Cuajimalpa	9	11	12	14	14
Cuauhtémoc	1 617	2 009	2 292	2 563	2 680
G. A. Madero	233	289	330	369	386
Iztacalco	79	98	112	126	131
Iztapalapa	90	111	127	142	148
M. Contreras	11	13	15	17	17
M. Hidalgo	358	445	507	568	593
M. Alta	2	3	3	4	4
tláhuac	5	7	8	9	9
Tlalpan	45	56	64	72	72
V. Carranza	212	263	300	336	350
Xochimilco	38	48	54	61	64
<b>Total</b>	<b>3 488</b>	<b>4 332</b>	<b>4 943</b>	<b>5 533</b>	<b>5 778</b>

Fuente: Proyección de los Requerimientos de Agua 1980-2000

Enrique Aguilar y Asociados SC.

Nov. 1982, México, D.F.

#### **OTROS USOS**

Se incluyen tres tipos de usos: el de las oficinas

gubernamentales; el de los servicios públicos (hospitales y escuelas), y el de los servicios municipales (limpieza de calles, riego de áreas verdes, mercados y terminales de transporte).

Por las dificultades que se presentan generalmente para medir estos usos, la práctica común es la de agruparlos junto con las pérdidas que se presentan en la red, para constituir lo que se denomina agua no contabilizada, la cual tiende a expresarse como un porcentaje del caudal total que ingrese a un centro urbano.

De acuerdo con estimaciones gruesas se calcula que estos usos representan entre 30 y 35 litros por hora, que pueden considerarse como constantes a lo largo del tiempo.

## **PERDIDAS**

Ningún sistema hidráulico trabaja con una eficiencia del 100%. Con este concepto se pretende distinguir la cuantificación de las fugas o pérdidas del sistema en sus distintas componentes (captación, conducción, distribución), de la cuantificación del agua no contabilizada por el sistema de medición y facturación.

La cuantificación de requerimientos consiste, brevemente, en establecer un sistema de índices de requerimientos, congruentes con los niveles de desagregación que se hayan adoptado. El índice de requerimientos puede definirse como la expresión de una

relación compleja entre las necesidades del agua de un usuario y las variables tecnológicas, económicas y físicas que explican dichas necesidades.

La ventaja principal de simplificar el problema en la forma expuesta, es la de poder iniciar, con información limitada, el estudio sistemático de las necesidades de agua de un centro urbano considerado, en una primera aproximación, la totalidad o la mayor parte de los usuarios del agua.

Junto con el sistema de índices de requerimientos, el análisis requiere además de contar con una tipología del universo de usuarios, así como de elementos para proyectar la evolución de este universo en un periodo considerado.

## **1.2 DEMANDA DEL AGUA PARA CADA TIPO DE USO.**

El agua es el recurso de suma importancia para el desarrollo económico del cualquier país, y el papel que juega en la planeación nacional y regional es mas importante de lo que puede inferirse del simple listado de sus variados usos.

El aumento de la demanda, la disminución o desaparición de las fuentes de abastecimiento, la continua contaminación de las

corrientes y el incremento desproporcionado de las obras hidráulicas, convierten al agua en elemento integrador de las diferentes actividades económicas.

El agua es cada vez mas escasa, conforme aparecen más usuarios. Y por las relaciones que existen entre el incremento de uso y la degradación de su calidad original, se encuentra cada día mayormente contaminada.

Llevar el agua donde se necesita en el momento oportuno y con la calidad adecuada, exige una serie de políticas técnicas y reglamentarias, enmarcadas dentro de un plan hidrológico, que permita que se integren y coordinen las obras de infraestructura, con los sectores públicos y privados, tanto a nivel local, regional y nacional.

La disponibilidad de agua en el Valle de México y la gran capacidad de la reserva hídrica de una cuenca vecina, la de Lerma primero y después la de Cutzamala, permitió que el centro del país iniciara y mantuviera un proceso de industrialización en continua expansión.

Por otra parte dicha disponibilidad hidráulica condicionó la ZMCM para que se diese un asentamiento con alta densidad poblacional en continuo crecimiento; así como la instalación de

servicios públicos y privados y de una infraestructura urbana capaz de proporcionar los elementos mínimos de bienestar.

Debemos de señalar que al agua no se le confiere un valor económico real como ocurre con otros recursos (por ejemplo, el petróleo, el carbón, la madera), ya que en la determinación de tarifas para el usuario solo se considera la inversión y el gasto de operación y mantenimiento; la región a cambio no recibe el valor real del recurso que extrae, en el mejor de los casos, solo se obtiene un pago compensatorio en especie.

Los efectos de la distribución natural del agua son múltiples, ya que las zonas de la República Mexicana con mayor concentración de población y actividades económicas cuentan con menos recursos hidráulicos, mientras que donde estos abundan, la población y las actividades son escasas.

Dichos efectos se han acentuado en las últimas décadas debido a que el incremento de la población ha estado acompañado de un fuerte proceso de urbanización, así como las demandas de alimentos y servicios que obligan a un uso intensivo del agua.

En la actualidad los problemas se originan por el desequilibrio entre la oferta y la demanda, y son aun mas graves si se considera que la contaminación de agua constituye un elemento que reduce la disponibilidad del recurso para muchos

usos. La contaminación de los ríos por descargas de aguas residuales, por ejemplo, limita su utilización para abastecimiento doméstico, para usos recreativos y aun para algunos procesos industriales, por lo tanto, ni siquiera la disponibilidad de agua en cantidad refleja necesariamente el volumen aprovechable.

En este contexto de disponibilidad de agua tienen especial importancia los efectos que se provocan sobre la salud de la población, así mismo las fuertes migraciones del campo a la ciudad, dificultan el suministro de agua en cantidad y calidad adecuadas. Afecta a la salud la calidad del agua que utiliza la población para consumo directo, sobre todo en zonas donde no se tienen los medios para disposición de aguas residuales.

Los efectos de la desigual distribución del agua que se ha aminorado por la existencia de un marco jurídico, donde se señala claramente que el agua es propiedad de la nación, y que no se permite su apropiación por parte de los particulares. al ser el agua de propiedad nacional se asegura que su asignación o concesión de uso sea ante todo para el interés público. No obstante aun existen fisuras en las disposiciones legales que requieren de atención, como sucede en el caso de las aguas subterráneas y residuales, en las que existen incongruencias que no permiten su utilización racional. Se requiere revisar las leyes y reglamentos para adecuarlos a las condiciones actuales, ya

que el recurso es escaso y solamente mediante actos jurídicos se puede lograr una distribución equitativa.

Los efectos negativos de la distribución natural también se han reducido por la contribución de la tecnología que ha permitido llevar el agua a zonas que carecen de ella; se ha logrado purificar el agua para el consumo humano y para otros usos, regularla para evitar inundaciones, generar energía eléctrica, y en general, beneficiar a un mayor número de habitantes. Sin embargo el uso de tecnologías no apropiadas, ha producido la sobreexplotación de acuíferos, también las grandes transferencias de agua entre regiones reducen las posibilidades de desarrollo local en las zonas de explotación, y provocan asimismo contaminación por descargas de aguas residuales en cuerpos receptores.

Quedan aun muchas áreas donde se puede apoyar a una mejor distribución del recurso, que reduzca al mismo tiempo sus efectos negativos. En la conservación de las fuentes, tanto en cantidad como en calidad; en la explotación racional del recurso mediante un control adecuado en la distribución evitando desperdicios; en el consumo mismo a través de recomendaciones sobre el ahorro del agua y mediante el desarrollo de muebles y dispositivos que permitan reducir el consumo doméstico; o bien mediante estructuras o prácticas de riego que abatan los volúmenes que se utilizan en esta actividad. En el manejo de aguas residuales existen también

posibilidades amplias, tanto para el control de la contaminación como para su uso mediante el desarrollo de tecnologías que mejoren su calidad.

En todos los casos es necesario contar con información confiable y oportuna, que permite conocer la disponibilidad de agua a nivel de cuenca, región, estado y a nivel nacional, con objeto de plantear esquemas de aprovechamiento que sean congruentes con el balance hidrológico correspondiente, para evitar la explotación de fuentes que puedan afectar usos futuros en la región; así mismo, para evaluar las necesidades potenciales de agua por cuencas, cuando se presente el caso que sea necesario transferirla a otras. Vale la pena señalar que sin este consentimiento no se logrará preservar un recurso que, aunque renovable, se esta desperdiciando y acabando, ya que su disponibilidad en el subsuelo se genero durante períodos muy largos de recarga del acuífero, mismo que ahora por utilización en muchos casos irracional, no se logra.

La redistribución del agua tiene costos elevados; la infraestructura necesaria y su operación y mantenimiento, así como el hecho de no poder destinar el recurso para otros usos, una vez que se elige uno, son aspectos que deben considerarse en los proyectos de aprovechamientos hidráulicos. Así los efectos de la distribución natural de agua llegan a ser muy importantes, sobre

todo en casos como en el Valle de México, a donde se transfieren volúmenes grandes de agua de las cuencas de Lerma y Cutzamala.

Es por ello que en la lucha por contrarrestar los efectos de la distribución debemos atender distintos frentes: en el social para ser más equitativos en la dotación de agua; los económicos para plantear sobre bases realistas de costos los esquemas de recuperación en los que se tome en cuenta la capacidad de pago de la población; los jurídicos para que sea el estado el que cuente con todas las atribuciones sobre el agua para normar su uso, aun de las subterráneas y residuales a beneficio del país; y los técnicos para resolver en forma adecuada las necesidades de la población, tomando en cuenta los efectos regionales, sobre la unidad física de la cuenca, poniendo al alcance de la población tecnologías que permitan utilizar el agua en forma eficiente y sin desperdicios.

En el sector urbano para resolver los problemas de abastecimiento de agua a ciudades grandes y medianas, ubicadas en su mayoría en zonas donde el recurso ya es insuficiente, se ha recurrido a la sobreexplotación del acuífero, a cambio de uso y a transferencia de agua entre cuencas, esto último ha requerido obras que además de afectar otros usos, exigen inversiones cuantiosas y rebasan generalmente la capacidad financiera.

Por otra parte, las tarifas que se cobran por la prestación del servicio de suministro de agua, no corresponden ni siquiera al

costo real de operación de la infraestructura establecida, lo que repercute en el desperdicio y baja eficiencia en el uso del agua.

En lo relativo al sector industrial, por lo general este no considera la disponibilidad del agua para establecerse y frecuentemente crea problemas locales de suministro una vez instaladas las industrias, aunado a este problema que gran parte de los establecimientos industriales utilizan procesos productivos ineficientes en el uso del recurso, con bajos niveles de recirculación y reuso.

Es evidente que la falta del líquido limita y puede llegar a suspender el desarrollo urbano e industrial en cualquier zona, de ahí que para satisfacer las demandas, el estado no solo concibe el agua en su interrelación actual con la localización de la población y la actividad económica, sino en su relación con los cambios estructurales que impulsan la descentralización, la reconversión de las industrias, el equilibrio entre las ciudades, el apoyo de los servicios al campo y la protección de los recursos naturales y la ecología.

El crecimiento acelerado de la población en las áreas más industrializadas del país, ha conducido en muchos casos al uso excesivo y agotamiento de los recursos locales, traduciendo en inversiones para agua potable cada vez más costosas, así como en

complejos sistemas de recolección, tratamiento y desalojo de aguas residuales.

En el caso de acueductos para agua potable destacan la ejecución de grandes proyectos de abastecimiento y refiriéndonos a nuestra zona de estudio diremos que el Sistema Cutzamala atenderá en parte al incremento de la demanda que provoca el crecimiento poblacional que es aproximadamente de 900 mil habitantes por año y por otra permitirá la cancelación de pozos del Valle de México, para reducir la sobreexplotación del acuífero subterráneo.

Haciendo referencia a la población se estimaba que en 1988 la población en el Estado de México era aproximadamente de 14.4 millones de habitantes, los cuales tenían una demanda de 41.7 metros cúbicos por segundo (esto tomando las dotaciones más bajas de las mínimas recomendables), se disponía de un caudal de 23.8 metros cúbicos por segundo, teniendo entonces un déficit de 17.9 metros cúbicos por segundo.

En 1988 la cuenca albergaba a 19 millones de habitantes, asimismo esta población generaba el 36% de producto interno bruto nacional. Esta concentración demográfica y económica consumía todos los días de 56.3 metros cúbicos por segundo, existiendo un déficit, el cual presentamos a continuación.

**TABLA 5**

**DEFICIT DE AGUA POTABLE EN LA ZMCM EN EL AÑO DE 1988.**

<b>REGIONES</b>	<b>POBLACION</b> (mill hab)	<b>DEMANDA</b> (m <sup>3</sup> /seg)	<b>OFERTA</b> (m <sup>3</sup> /seg)	<b>DEFICIT</b> (m <sup>3</sup> /seg)
<b>Distrito Federal</b>				
1.- Norte	2.2	8.15	7.14	1.01
2.- Poniente	1.2	4.80	4.78	0.02
3.- Centro	3.5	12.60	12.59	0.01
4.- Oriente	2.0	7.15	6.05	1.10
5.- Sur	1.6	6.25	6.24	0.01
<b>Zona Metropolitana.</b>				
1.- Texcoco	2.6	11.70	8.30	3.40
2.- Cuautitlán	0.5	1.60	1.60	0.00
3.- Coacalco	0.5	1.40	1.30	0.10
4.- Ecatepec	2.4	7.10	4.50	2.60
5.- Nezahualcóyotl	2.1	5.00	3.50	1.50
6.- Chalco	0.4	0.80	0.30	0.50
<b>Total</b>	<b>19.0</b>	<b>66.55</b>	<b>56.30</b>	<b>10.25</b>

Fuente: Conferencias Magistrales sobre "El Agua en el Desarrollo Nacional".

Acatlán, Edo. de México. Agosto de 1988.

El 27% de este caudal puede suministrarse con el Cutzamala, al incrementarse la aportación de este sistema de 6.5 a 19 metros cúbicos por segundo, requiriéndose de 34.5 metros cúbicos por segundo de nuevas fuentes.

Es conveniente destacar que el incremento de 34.5 metros cúbicos por segundo, esta en función directa de una nueva estructura de dotación de agua en la cual se conjugan el ahorro mediante el uso eficiente del recurso en todos los sectores y el mejoramiento de servicios en zonas actualmente marginadas, así como la reducción de fugas en las redes de distribución.

Las fuentes consideradas para el abasto de los 34.5 metros cúbicos por segundo corresponden principalmente a la importación de agua desde cuencas cercanas al Valle de México (28 metros cúbicos por segundo) y al reuso del agua en la industria y usos públicos (6.5 metros cúbicos por segundo).

Haciendo un estudio al año 2000, se espera que al incrementarse el nivel de servicios en el Estado de México y al aplicarse los programas nacionales del uso eficiente del agua se equilibre en toda la ZMCM el abasto de agua por habitante, estimándose una dotación promedio de 300 litros por habitante por día.

Considerando los programas de crecimiento demográfico y de actividad industrial, se estima que para el año 2000 la demanda de agua en bloque para la ZMCM ascienda a 92 metros cúbicos por segundo. Conforme a las previsiones y a la calidad del agua demandada, se espera satisfacerla con 82 metros cúbicos por segundo de agua potable y 10 metros cúbicos por segundo de agua de reuso tratada.

El uso doméstico representa el 57% de la demanda total, el uso industrial el 14% y los otros usos suman el 20%; el 9% restante se ha fijado como meta para reducir las fugas en las

redes de distribución, lo cual requerira de un gran esfuerzo por parte de los organismos distribuidores.

A continuación se presenta una tabla en la cual se proyecta la demanda de agua al año 2000 en la ZMCM para los diferentes usos.

**TABLA 6**  
**DEMANDA DEL AGUA AL AÑO 2000 EN LA ZMCM.**

<b>USO</b>	<b>DOTACION</b> (lhd)	<b>AGUA POTABLE</b> (m <sup>3</sup> /seg)	<b>AGUA TRATADA</b> (m <sup>3</sup> /seg)	<b>TOTAL</b> (m <sup>3</sup> /seg)
Doméstico	172	52.7		52.7
Industrial	42	7.4	5.5	12.9
Comercio y servs.	40	12.3		12.3
Público	19	1.3	4.5	5.8
Fugas	27	8.3		8.3
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>82.0</b>	<b>10.0</b>	<b>92.0</b>

Fuente: DDF

Sistema Circulatorio de la Gran Ciudad  
México, 1990.

### 1.3) COSTO DEL AGUA Y EL COBRO A LOS USUARIOS.

El problema de como cobrar, traer y limpiar el agua es ya de antaño, los aztecas lo solucionaron con el pago de trabajo colectivo que tenían todos los habitantes para beneficio de toda la comunidad. Hay que recordar que en esta época la mayoría de la basura o desechos eran fácilmente degradable, por lo que la contaminación era prácticamente inexistente.

Durante la colonia se fueron creando ciudades con arquitectura española que desplazaron a las ciudades indígenas, estas urbes trajeron otra forma de abastecimiento de agua, los ayuntamientos crearon fuentes colectivas para las clases bajas, ya que las casas de ciertos estatus contaban con su propia fuente, estas últimas no tenían que pagar ningún servicio, impuesto o algún otro tipo de cooperación, por lo cual el dispendio en el consumo se daba como una situación rutinaria. Debido a que el drenaje era prácticamente inexistente y los desechos del agua eran tirados a la calle o vertidos por vías de acequias sin ningún control, la calidad del agua era muy pobre, por lo que las epidemias hacían fácil presa a la gente.

En la agricultura virreinal se construían suministros en las zonas donde era factible. El agua productiva era proporcionada por particulares, lo mismo a pueblos pequeños que a grandes, construyendo sus fuentes tanto los indios mestizos como los blancos. Los obrajes o algunos gremios hacían sus fuentes de agua o se instalaban en las cercanías de esta.

Durante los primeros años del México independiente, los conflictos constantes generaron dos problemas en cuanto al agua: no se aumentó la infraestructura ni en las ciudades ni en el campo, y no se legislo ni se reglamento su uso. Antonio López de Santa Anna, intento reglamentar el cobro de impuestos en base a los servicios que habían instalado los particulares en sus

propiedades, pero en el Plan de Ayutla destruyó este injusto cobro de impuestos.

En el porfiriato se traen las ideas de urbanismo capitalista con su trazado de calles y la dotación de servicios. Además de la obligatoriedad del estado para realizarlos y cobrarlos, creando así una ciudad modernista que predominaba a finales del siglo XIX y con influencia tanto de la tradición científica francesa como de la era victoriana inglesa. En cuanto al cobro de estos servicios, Porfirio Díaz desarrollo el famoso impuesto del timbre y todo un programa fiscal. El agua se empezaba a cobrar por cooperación de su instalación y un supuesto consumo el cual consistía en dividir el desvío central entre el número de tomas, lo que daba un consumo aproximado.

El agua siempre se ha considerado un bien libre, pero cuando empieza a aumentar su consumo, la disponibilidad se vuelve escasa y el recurso es suficiente solo para cubrir una parte de la demanda. Simultáneamente al incrementarse el número de usos y de usuarios, se producen efectos negativos de contaminación y derroche.

En México, el agua es un bien común y carece del precio que determina el libre juego oferta-demanda, característico del mecanismo de mercado, cuya dinámica proviene de una sola fuente: la generación de máxima utilidad económica, este motor es

esencialmente distinto al del gobierno federal: máxima utilidad pública y social.

El costo cuantificable del agua debe conducir a la implantación de cuotas que provoquen: una mayor eficiencia, mediante la medición y cobro del volumen, un control de la demanda, que sería en función de la disponibilidad de asignación del recurso entre usos alternativos y prioritarios, una transferencia del ingreso que dependería del gravamen diferencial según la capacidad del usuario, un aumento de recaudación pública que sería función del programa de amortización de la parte recuperable de la inversión pública, y finalmente, una eliminación del subsidio federal a la operación anual de las tarifas del agua.

Para determinar el costo del agua se puede recurrir a diversos métodos, los cuales pueden ser:

**a) Oferta y Demanda:** Es una estructura de cambio, la interacción entre la oferta y la demanda y su libre ajuste en el tiempo, determinan el precio unitario. Este mecanismo tiene dos propiedades importantes: La primera, el precio es igual al costo marginal de producción o abastecimiento, haciendo que las cantidades de oferta y demanda del mercado se igualen y no haya escasez. La segunda conduce a la utilización eficiente del recurso, optimizando su rendimiento y minimizando su desperdicio.

**b) Renta Económica:** Representa la diferencia entre el máximo pago por unidad del recurso utilizado, y el costo de producir o abastecer dicha unidad, el máximo pago por el uso de un volumen unitario sería igual al beneficio neto que produce ese volumen en una actividad. Este concepto apoya el abastecimiento de cuotas diferenciales por rendimiento y el consumo del agua según la actividad económica.

**c) Costo de oportunidad:** El costo de oportunidad de un volumen de agua puede medirse a través del costo estimado de transferencia del mismo volumen de agua desde fuentes distantes, para abastecer la demanda de la ZMCM.

**d) Recuperación de Costos:** El precio por unidad de recurso lo determina el programa de recuperación del capital invertido y de los costos periódicos de operación, la Ley Federal de Aguas contempla establecer las cuotas de agua en función de la recuperación de costos.

**e) Redistribución de ingreso:** Da prioridad a la estructura diferencial de cuotas de agua en función de la capacidad de pago de los usuarios. El costo público y social de los subsidios puede en algunos casos, ser mayor que los beneficios netos que recibe el usuario.

Los conceptos de renta económica y costo de oportunidad no han sido aplicados al manejo del agua. Las cuotas basadas en el

principio de renta, mantendrán los usos actuales del agua, pero generaran mayor recaudación para los municipios, y posiblemente utilidades netas. Esto tendría consecuencias importantes en el nivel y distribución del ingreso de los usuarios sujetos al gravamen. El enfoque de costos de oportunidad se traduciría en una más eficiente asignación de los recursos hidráulicos entre usos competitivos. Esta visión tarifaria tendería a disminuir y transferir el agua hacia usos más productivos.

Para los problemas sociales que produce el rechazo de propuestas de aumentar las cuotas del agua así como el bajo nivel económico de algunos usuarios del servicio público, el subsidio podría ser necesario para determinados núcleos. En este caso, sería necesario cuantificar el monto del subsidio y su distribución diferencial entre los beneficiados.

El uso eficiente del agua se dará en medida en que el precio del agua refleje el costo total de suministrar el servicio. Para la fijación de este precio se deben considerar múltiples variables, como el costo de proporcionar los servicios, la disponibilidad de recursos, la composición de los usuarios y sus diferentes consumos, la política de expansión de los servicios y las de conservación, tanto en calidad como en cantidad.

Realmente los usuarios solo pagamos la quinta parte del costo real por el suministro, pues si bien el agua es un elemento

natural que no tiene precio, lo que se cobra por medio de los sistemas es el servicio de llevarla entubada hasta los usuarios. De hecho ya se han otorgado algunas concesiones a la iniciativa privada en renglones tales como operación, comercialización, facturación y mantenimiento.

Debido a que las cuencas reciben descargas de desechos, principalmente industriales los cuales dan un alto grado de contaminación al vital líquido se hace necesario un impuesto sobre el uso del servicio del drenaje que sea aplicado tanto a personas físicas como a las morales y que sea implantado por el gobierno federal, dicho monto deberá destinarse al tratamiento de aguas residuales. También es necesario un nuevo orden en el reparto de agua del río Lerma entre los estados de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco, buscando distribuir esta agua de la mejor manera para que les toque la parte correspondiente para su uso ya que los recursos no son aprovechados en forma óptima, por ello es importante incorporar la limnología en el estudio de ríos y lagos, a fin de promover nuevas actividades orientadas al uso racional y eficiente del agua en estos almacenamientos.

Avanzar en los asuntos de manejo del agua debe ser una de las prioridades de los organismos federales, estatales y municipales resaltando las acciones para la reglamentación de los acuíferos, la vigilancia de zonas críticas, y la promoción para instalar plantas de tratamiento.

En el sector industrial se deben tomar acciones como en el Estado de México donde determinaron que en los parques industriales las empresas que se instalan deberán consumir solo un litro de agua por segundo cada hectárea y sin exceder esta condicionante, deberán instalar sistemas de reciclaje del líquido, no ser contaminantes o en su caso instalar el equipo necesario. En los casos de explotación de manera irregular de mantos acuíferos, por lo que se ha conformado una brigada para detectarlos y de esta manera exigir a los beneficiados actualizar su explotación y operación, a fin de evitar el agotamiento de las reservas de agua que cada día son menos.

Vale hacer notar que en algunos estados de la República Mexicana se esta buscando que los industriales registren y declaren el tipo de residuos que arrojan, así como su cantidad. De acuerdo con esto se les cobrara una cuota por el tratamiento que se llevara a cabo en distintas plantas.

A nivel general, la Comisión Nacional del Agua cobrará una cuota de derecho a todas las industrias que desechen contaminantes a lagos, ríos, lagunas o simplemente al drenaje, así como las industrias que cuenten o instalen plantas de tratamiento para sus aguas residuales. El monto de la cuota de derecho será de acuerdo a la cantidad de aguas negras, así como la cantidad de contaminantes que se desechen. Así mismo se esta combatiendo el clandestinaje de los pozos y tomas subterráneas y superficiales,

para áreas de riego o uso domiciliario. Según informes de la misma dependencia se informo que de 16 000 usuarios registrados, solo 200 han acreditado sus aprovechamientos, este aprovechamiento deberá acreditarse por medio de documentos de registro nacional, como son los permisos de perforación y solicitudes de legislación de pozos. Para áreas con mayores recursos hidráulicos subterráneos se hace una verificación técnica y legal donde se detecta alguna irregularidad, se deja un citatorio a fin de que el usuario acuda ante la Comisión Nacional del Agua y pueda legalizar su situación.

En cuanto a los incrementos a la tarifa del agua potable e impuesto predial, debe ser de acuerdo a la estabilidad en el presupuesto de egresos del gobierno local para el ejercicio fiscal de cada año. Dichos aumentos en el agua pueden ir del 50 al 100%, este incremento debe ser de acuerdo a la inflación acumulada de cada año. El monto acumulado con esta acción tendrá una orientación preponderantemente social, para atender las demandas más urgentes de la población.

Es necesario que se realicen programas con la participación de los ciudadanos, a fin de dar soluciones a los problemas del agua, por lo que es importante efectuar el levantamiento del padrón y de esta forma obtener mayores ingresos, con esto se pretende evitar tomas clandestinas.

También está previsto el cobro de derechos por descargas de aguas residuales, por la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. Más que un propósito recaudatorio, este nuevo derecho tiene la finalidad de incentivar la construcción de plantas de tratamiento de aguas negras, la legislación considera sujetos de cobros a aquellos que descarguen aguas residuales en los suelos o las infiltren en terrenos que sean bienes nacionales. Exime de pago, durante doce meses, a las industrias que demuestren plenamente que se encuentran en vías de tratamiento de sus descargas.

Por lo anterior se hizo necesario concesionar los servicios de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas residuales y promover una mayor participación de capitales privados en la construcción de infraestructura hidráulica. Esta acción se aleja de toda especulación de tarifas de servicio, porque cada estado tiene su fórmula para la aprobación de tarifas.

## CAPITULO 2



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
*UNAM*

### FUENTES DE ABASTECIMIENTO DEL AGUA PARA EL AREA METROPOLITANA.

#### 2.1 EL ABASTECIMIENTO A LA CIUDAD HASTA 1980.

Para la ciudad de México el agua significa una ironía histórica: México-Tenochtitlan fue fundada sobre un lago y durante muchos años estuvo enlazada por canales; en la actualidad, sin embargo, carece de alguna fuente fluvial adecuada o de fuentes de abastecimiento cercanas.

Hace más de seis siglos los aztecas emigrantes de Aztlán dieron origen a una de las grandes civilizaciones del mundo, al llegar a un gran valle ocupado en buena parte por lagos. Sin embargo, pese a la abundancia de agua, esta era enturbiada por las canoas que ahí transitaban y no podía beberse. Durante el reinado de Chimalpopoca, para abastecer a la ciudad con agua de mejor calidad, se construyó desde Chapultepec un caño que en poco tiempo fue derrumbado por el golpe de la corriente.

En 1499 Ahuizotl mando construir un acueducto desde Huitzilopochco (actualmente Rio Churubusco) para incrementar el volumen de agua. Después, con la colaboración de los pueblos chinampanecas, texcocanos, tecpanecas, otomies, chalcas y muchos más, se realizaron obras hidráulicas importantes que dotaron a Tenochtitlan de un sistema hidráulico ya desde entonces complejo.

En 1524 la población en el valle era de 30 000 habitantes y, para abastecerla de agua, Cortés ordeno la construcción de fuentes en las plazas y a lo largo del acueducto de Chapultepec. Sin embargo, por el crecimiento continuo de la población el sistema se torno obsoleto y por lo cual se tuvo que recurrir a la construcción de una red subterránea para su distribución, para 1573 se concluyó otro acueducto el cual traía agua de Santa Fe.

Con el paso del tiempo y el incremento de la población, los asentamientos se convirtieron en rancherías, caseríos, poblados, pueblos, ciudades, metrópolis y finalmente megalópolis.

Los olmecas se establecieron en los litorales del Golfo de México entre cuatro ríos; los mayas lo hicieron en los litorales del mar caribe, también a orillas de grandes ríos y de los cenotes (pozos naturales que les proveían de agua potable). los teotihuacanos se ubicaron en las inmediaciones del lago texcoco, y dejaron cruzar el cauce de un rio por el interior de la ciudad.

La causa real de la desaparición de estas culturas es un misterio que no es fácil de solucionar, en la actualidad nos preguntamos si estos misteriosos abandonos ¿fueron provocados en sus diferentes épocas por un mismo síndrome: el crecimiento demográfico y una prolongada sequía con sus funestas consecuencias, la falta de alimento y agua ?.

Se comprende fácilmente que el crecimiento demográfico causa problemas. Las instalaciones no cubren la totalidad de las contrucciones y para satisfacer la demanda se establece un sistema de distribución de agua con cargo a los usuarios.

Para el siglo XVIII las construcciones de la ciudad cambiaron, parte del lago se ha secado. Sin embargo los acueductos de Churubusco y Chapultepec construidos por los aztecas existían todavía.

Durante el tiempo de la colonia se construyeron varios acueductos en el Valle de México para cubrir las necesidades de la creciente población. La construcción del acueducto de Chapultepec a Salto del Agua se inició en 1605, a instancias del virrey Don Juan de Mendoza y Luna, terminando la arquería en la garita de Belem, en el año de 1620. En 1714 se colapso a consecuencia de un fuerte temblor; fue reconstruido en 1744. En 1779 el virrey Don Antonio de Bucarelli y Ursua inauguró la fuente conocida como el

Salto del Agua, con lo que se culminó esta obra. La construcción del acueducto de Tlaxpana se terminó en 1737, Este acueducto fue derruido en su totalidad en 1889, con el fin de poder ampliar la ciudad, no quedó rastro de él.

El acueducto de Santa Isabel Tola a la Villa de Guadalupe y la fuente de agua potable fueron inaugurados en 1678.

En el año de 1751, en la Villa de Guadalupe, se inauguró el acueducto procedente de Tlalnepantla, que con una extensión de más de diez kilómetros y 2150 arcos traía el agua potable hasta la monumental fuente de San Francisco. Para el año de 1765 se inaugura el acueducto de los Remedios.

El siglo XVIII se puede considerar como una gran preocupación para proveer agua potable a la población de la ciudad.

Por lo que respecta al siglo XIX no se desarrollaron obras hidráulicas debido a las guerras de independencia, la invasión norteamericana y el imperio francés.

Lo cierto es que tanto las costumbres de ese entonces como el reducido número de habitantes y la construcción de pozos artesianos que proliferaron hasta llegar al punto de que cada casa contaba con un pozo particular, así cubrían sus escasas

necesidades. Sin embargo la falta de un sistema de drenaje adecuado y los sistemas empleados para desechar los detritus provocaban cierta contaminación en los mantos acuíferos.

El abasto de agua no es muy complicado. Las concentraciones poblacionales no son muy grandes y casi todos se surten del mismo modo: extraen el agua de sus propios pozos, la acarrearán desde un lugar de abastecimiento público o la adquieren del aguador. La mayoría de las regiones son autónomas, es decir, utilizan sus propios recursos para satisfacer sus necesidades.

En el siglo XX nos encontramos ya con una autorización para perforar un pozo en cada domicilio. La profundidad requerida no es mayor de 15 metros, a esa distancia se encuentra agua potable de magnífica calidad, de esta forma es como se proveen las poblaciones del valle.

Los mantos acuíferos se recuperan normalmente, la mancha urbana de la ciudad se delimita, al norte en la zona industrial de Peralvillo, al poniente hasta la plaza de toros de Bucarelli, al sur al río de la Piedad y al oriente en la Candelaria de los Patos y la estación de ferrocarril en San Lázaro.

La Villa de Guadalupe, San Bartolo, Zacatenco, Tola, Tlalnepantla, Azcapotzalco, Tacuba, Tacubaya, Mixcoac, San Angel, Coyoacán, Xotepingo, Culhuacán, Iztapalapa e Iztacalco son otras

tantas villas, rancherías o pueblos aledaños a la capital, todas con sus propias fuentes de agua.

Con el correr del tiempo, el crecimiento poblacional y la instalación de drenaje en las colonias incrementan la demanda de agua potable.

Hacia 1847 la ciudad contaba ya con 245 000 habitantes, por lo que el abastecimiento de agua se hizo insuficiente y fue necesario extraer agua del subsuelo.

Para satisfacer la creciente demanda de agua potable y eliminar la posibilidad de una epidemia, se realizó una gran obra de ingeniería hidráulica que trae el agua de los manantiales de Nativitas en Xochimilco. Un ducto de aproximadamente dos metros de diámetro y una longitud de cuarenta kilómetros más o menos. Esta obra contempla dos plantas de bombeo y una potabilizadora que se encuentra en Xotepingo; en ella se controla la dureza y la potabilidad del agua suministrada. El ducto llega hasta la casa de las bombas en la Colonia Condesa de donde se pasa a través de la red de distribución a los domicilios de la ciudad. Este sistema se termina y se pone a funcionar en 1910. Suministra 3 metros cúbicos por segundo, suficientes para cubrir los requerimientos de los 750 000 habitantes del valle, lo cual nos da una dotación promedio de 345.6 litros por habitantes por día).

Al paso del tiempo se incrementaron lentamente, pero en forma constante, la ciudad, la población y por ende los requerimientos del agua potable, los que en breve superan el abasto, suscitándose el primer gran inconveniente: las fuentes del valle son insuficientes para satisfacer la demanda. La mancha urbana como un virus implacable se desarrolla, impermeabilizando con asfalto y concreto la superficie cubierta, impidiendo la recuperación de los mantos acuíferos.

Para 1930 la población era aproximadamente de 1 000 000 por lo cual los requerimientos de agua se incrementaron, la solución más rápida y económica que se tomo fue la de perforación de pozos en las nuevas zonas urbanas. La ciudad, por la extracción de agua, sufrió hundimientos de forma tal que distorsionaron y dislocaron las redes.

Los veneros locales se explotan a su máxima capacidad y no son suficientes, la fuente de agua más cercana se encuentra a unos cincuenta o setenta kilómetros de distancia, lo que implica un enorme reto. Importar agua desde los manantiales del río Lerma en el Estado de México, vencer la altura y lograr el paso del agua sobre la sierra de las cruces, requieren de un potente sistema de bombeo y de una gran cantidad de energía eléctrica que presentan además una fuerte inversión económica.

En el año de 1953 la población era de 3.5 millones de habitantes y se había extendido el abastecimiento de agua potable,

que estaba integrado por pozos y manantiales de Xochimilco, Lerma, Desierto de los Leones y Ajusco. El caudal ascendió a 14.3 metros cúbicos por segundo. En 1954 se ejecutaron importantes proyectos para extender la captación de aguas subterráneas a otras fuentes del Valle de México; se estudiaron las zonas de Chiconautla, Peñón Viejo, Chimalhuacan y Chalco, por lo que en el año de 1957 el caudal llegaba a 18.6 metros cúbicos por segundo.

Previendo una posible crisis en el abastecimiento de agua potable, en 1965 se iniciaron los trabajos para obtener, en una segunda etapa, de 5 a 6 metros cúbicos por segundo más del río Lerma comenzando a operar esta en 1967.

Para la década de los 70, el fuerte crecimiento urbano hizo insuficientes los sistemas instalados generando un considerable déficit en el abastecimiento de agua potable. En esta época la ciudad tenía una población de 7 327 000 habitantes.

El intenso crecimiento urbano ocurrido entre los años de 1960 y 1980 llevo a un gran número de personas a establecerse en zonas altas, rocosas y permeables, lo cual hizo aun más difícil el abastecimiento de agua.

En 1970 el servicio de agua potable tuvo problemas en algunas fuentes de abastecimiento, particularmente en los pozos profundos de los sistemas Teoloyucan-Tizayuca y Ecatepec-Los Reyes, cuando

algunos de estos sufrieron desperfectos y el caudal disponible disminuyo de manera sensible afectando principalmente a la Zona Norte del Distrito Federal.

En 1975 dentro de la cuenca del rio Lerma localizamos 47 valles de donde se obtiene un número aproximado de 32 165 aprovechamientos que comprenden aproximadamente 7 333 pozos, 22 663 norias y 500 manantiales con explotación de aguas subterráneas de unos 2 650 millones de metros cúbicos al año y 1 629 aprovechamientos. Con esta fuente de abastecimiento se podrían cubrir las necesidades de la ZMCM, pero debido al gran asentamiento humano, nos encontramos con que son insuficientes.

Para el año de 1978, la población que no tenía acceso al vital líquido a través de red sumaba un total de 1.2 millones de habitantes, los cuales tenían que ser abastecidos por medio de carros-tanque; en este mismo año, para dar una solución adecuada al problema, se puso en marcha el programa denominado " Colonias Populares ".

Sin embargo en el curso de ejecución del programa mencionado se presentaron algunas dificultades de aspecto jurídico y técnico; la mayoría de habitantes sin servicio habitaban en colonias irregulares, muchas de las cuales se asentaban en terrenos casi inaccesibles.

A partir de 1980 hubo un nuevo déficit en los servicios y se detectaron algunas colonias que no habían sido consideradas, por lo que para este año existían 821 000 habitantes sin toma domiciliaria, y además la ciudad ha engullido prácticamente todo, incluso se ha proyectado a los diecisiete municipios del Estado de México que colindan con ella, se ha convertido en un gigante inmisericorde y nuevamente encontramos el mismo problema: la falta de agua potable, por lo que se recurre a una región situada a unos 130 kilómetros de distancia, dicha región se denomina Cutzamala.

## **2.2) EL ABASTECIMIENTO DE 1980 A 1994.**

Mantener el nivel de servicio domiciliario de agua a un 97% fue el objetivo de la administración del periodo 1982-1988. Para lo cual fue necesario llevar a cabo importantes acciones para el manejo y operación del complejo sistema de agua potable el cual en ese entonces estaba formado por 555 kilómetros de red primaria, 12 mil kilómetros de secundaria, 1327 pozos, 202 tanques de almacenamiento, 102 plantas de bombeo, cuatro plantas potabilizadoras y 244 plantas cloradoras.

En la ampliación del sistema una de las principales metas a alcanzar se refiere a construir obras importantes encaminadas a utilizar en mejor forma los caudales recibidos.

Para incrementar la capacidad de conducción de las aportaciones provenientes del sistema Cutzamala, que benefician a gran parte de la población del Distrito Federal, se inició en 1983 la construcción del ramal sur y sus respectivas líneas de derivación, actualmente ya terminado. Este ramal alimenta al acueducto periférico, el cual tiene como objetivo distribuir en forma equitativa el vital líquido a la población de la ciudad.

El mantenimiento de la oferta de agua potable exigió la rehabilitación o reposición de pozos localizados en los Valles de México y Lerma, sometidos a un intenso ritmo de operación.

La mejora sustancial en la distribución del líquido hizo necesaria la construcción oportuna de acueductos y líneas de conducción de pozos a tanques, así como la ampliación de las redes primarias y secundarias.

Una acción constante ha sido la construcción de tanques de almacenamiento y regulación en diferentes puntos de la ciudad, que garantizan el servicio continuo a los usuarios.

La construcción de la nueva planta de bombeo Xotepingo, obra de magnitud considerable, se llevó a cabo entre los años de 1983 y 1987 con el propósito de garantizar un servicio continuo a los usuarios y asegurar una operación sencilla y eficiente, aprovechando al máximo las instalaciones de la antigua planta.

Actualmente se le considera una de las más importantes del sistema de abastecimiento del Distrito Federal.

El abasto suficiente de agua potable es esencial para el desarrollo de las grandes ciudades. Sin agua suficiente no podrían subsistir y la vida en ellas sería desagradable y mortal. Hacerlas confortables implica dar solución a problemas íntimamente ligados a la magnitud de la ciudad. Del caudal suministrado y la rapidez con que se lleve a cabo la eliminación de las aguas residuales, domésticas e industriales o de otra índole dependerá la prosperidad de la ciudad. Del suministro dependerá la comodidad de la población y la posibilidad de industrializarse. De la eliminación rápida de los desechos dependerá la salud de sus habitantes.

Las fuentes subterráneas de agua potable no son suficientes para cubrir las necesidades de una gran ciudad y las fuentes superficiales normalmente están contaminadas por los desechos arrojados a lo largo de los cauces. Los procesos naturales de filtración y purificación de las aguas residuales se han inutilizado por el tipo y cantidad de contaminantes que reciben cotidianamente.

En 1986 existe una sobreexplotación de los acuíferos, lo cual resulta alarmante en el Valle de México pues resulta que esta es del orden del 100%, situación que ha traído grandes problemas

para diversos tipos, entre dichos problemas se mencionan los siguientes:

- a) Asentamientos y agrietamientos del terreno.
- b) Deterioro de la infraestructura hidráulica existente.
- c) Baja calidad del agua.

En ese mismo año el valle recibe 54.5 metros cúbicos por segundo de agua , cantidad suficiente para que los 18 850 000 habitantes obtuvieran 249.804 litros al día cada uno, con lo que podrían satisfacer las necesidades básicas. Pero este caudal es el total de agua de que disponemos, tenemos que considerar los demás requerimientos.

Al finalizar el gobierno de Miguel de la Madrid se hace conveniente en términos económicos que se siga importando agua potable, para que con las aguas de las lluvias se puedan recargar los acuíferos y aprovechar las aguas tratadas, así mismo al final de este sexenio se tiene el siguiente abastecimiento a la ciudad:

A continuación se presenta la Tabla 7 la cual nos muestra las principales fuentes de abasto de agua potable que se tienen al final de este sexenio para el Valle de México en 1988.

**TABLA 7**

**FUENTES DE ABASTECIMIENTO AL VALLE DE MEXICO EN 1988.**

<b>SISTEMA</b>	<b>CANTIDAD (m<sup>2</sup>/seg)</b>
Lerma	5.80
Cutzamala	4.90
Chiconautla	1.50
CAVM	9.70
Cuenca Propia	34.40
<b>Total</b>	<b>56.30</b>

Fuente: Coloquio de Verano Acatlán 88

"Agua y Megalópolis"

Ing. Ignacio Lizárraga Gaudry.

A continuación se presenta la Tabla 8 la cual nos muestra el abastecimiento de agua que se tenía para el Valle de México en 1990.

**TABLA 8.**

**PRINCIPALES FUENTES DE ABASTO DE AGUA POTABLE PARA EL VALLE DE MEXICO EN 1990.**

<b>SISTEMA</b>	<b>CANTIDAD (m<sup>2</sup>/seg)</b>
Fuentes Superficiales	2.00
Reciclamiento	3.00
Lerma	8.00
Cutzamala	12.00
Acuíferos del Valle	37.00
<b>Total</b>	<b>62.00</b>

Fuente: Coloquio de Verano Acatlán 88 (Proyectado a 1990).

"Agua y Megalópolis".

Ing. Ignacio Lizárraga Gaudry.

Para 1992 el suministro de agua potable, drenaje y agua residual tratada con la calidad y continuidad requerida en la ZMCM se convierte en un problema cada vez mayor, dado el crecimiento de asentamientos humanos y de la planta industrial en esta capital.

El ciclo hidrológico de la cuenca del Valle de México se ha modificado por la sobreexplotación de mantos, obras de desagüe para evitar inundaciones y sustituir los canales por las calles.

Según estimaciones del DDF indican que el crecimiento demográfico agrega anualmente entre 900 mil y un millón de nuevos consumidores de agua. Además, se sabe que los recursos del subsuelo se agotan en buena medida por el uso que hacen más de 30 mil industrias que operan en la zona urbana.

La mayor parte del agua que abastece al Valle de México (70%), se extrae del subsuelo, proviene de 1365 pozos profundos y 60 manantiales del sur y poniente de la capital y este líquido es el que se vuelve a introducir al suelo por las lluvias. El restante 30% proviene de otros lugares, el río Cutzamala aporta el 14% y el río Lerma el restante 16%.

La ciudad de México se halla a 2 240 metros sobre el nivel del mar, por lo cual se requieren 83 plantas de bombeo para subir el agua a esa altura que utilizan el 5% de los hidrocarburos que consume el país. Actualmente la infraestructura de agua potable

que se emplea para suministrar el servicio a la población, esta formado básicamente por 847 pozos profundos, 243 tanques de almacenamiento, 443 kilómetros de tubería y 326 dispositivos de desinfección. Además, debido a las fugas en el sistema de distribución y por mal uso y desperdicio se pierde 20% de esta agua, cantidad suficiente para abastecer a una población de 4 millones de habitantes. La infraestructura anteriormente señalada, muestra que el sistema hidráulico se caracteriza por su magnitud desde el punto de vista operativo.

Para satisfacer las necesidades de la ZMCM se requiere un caudal medio anual de agua potable de entre 68 y 74 metros cúbicos por segundo. En esta forma se cubre aproximadamente el 91% de las tomas domiciliarias de dicha zona.

El DF posee un complicado sistema de distribución de agua de tubos más grandes que reciben el líquido de los tanque de almacenamiento forman una red primaria, dicha red tiene entre 0.5 y 1.8 metros de diámetro y se dividen a su vez en tubos menores (los cuales conforman la red secundaria), los cuales en su conjunto tienen una longitud de 12 mil kilómetros de tubería conectados a 1 300 000 usuarios, solo en el DF.

El abasto en la ZMCM se ha duplicado, en relación al que se tenía en 1975 que era de 35 metros cúbicos por segundo; en la actualidad oscila entre 68 y 74 metros cúbicos por segundo.

### **2.3) POSIBLES FUENTES DE ABASTECIMIENTO A FUTURO.**

Como es lógico suponer, la evolución del sistema hidráulico de la ZMCM esta sujeta al crecimiento urbano, que en los últimos años ha sido muy acelerado. Se requieren soluciones tecnológicas complejas y costosas para atender la demanda del servicio. Satisfacer las necesidades de los habitantes y proporcionar los servicios en forma eficaz y oportuna implica la continuidad de acciones en la operación, construcción y conservación de los sistemas.

El abastecimiento de agua potable necesita mayores caudales para atender la demanda creciente. Es necesario ampliar la infraestructura a fin de mejorar la atención a las zonas de la ciudad que presentan carencias o deficiencias.

Se tienen contempladas, a mediano y largo plazos, las siguientes tareas: incrementar las aportaciones a través del Sistema Cutzamala, del Tecolutla y Amacuzac; continuar con el acueducto periférico; aumentar las líneas de conducción, las redes de distribución, construir plantas de bombeo y tanques de almacenamiento y regulación.

La experiencia demuestra que la velocidad con que se proporciona el servicio difícilmente supera el ritmo de crecimiento de la población. Desde hace algunos años, y en el

futuro, no solo se invertirá en obras que incrementen el caudal, también deben realizarse acciones enfocadas a reducir el consumo.

Se impulsara la instalación de muebles sanitarios de bajo consumo; la colocación de bolsas ahorradoras de agua en muebles sanitarios; la continuación de los programas permanentes de detección y eliminación de fugas; la automatización de pozos y rebombes; un mayor apoyo al catastro de redes, con el objeto de contar, en menor tiempo, con la información actualizada en la infraestructura hidráulica, así como la adquisición y mantenimiento de medidores, adecuación de las tarifas de los servicios y la intensificación de las campañas de concientización.

Con el propósito de incrementar la eficiencia del sistema, debe intensificarse el mantenimiento preventivo y el correctivo de las instalaciones, tareas que se consideran prioritarias dada la situación económica del país.

Por lo que se refiere al año 2000, se espera que al incrementarse el nivel de servicios en el Estado de México y al aplicarse los programas nacionales se equilibre en toda la ZMCM el abasto de agua por habitante, estimándose una dotación promedio de 300 litros por habitante al día.

Considerando los programas de crecimiento demográfico y de actividad industrial, se estima que al año 2000 la demanda de agua

en bloque para la Ciudad de México ascienda a 92 metros cúbicos por segundo. Conforme a las previsiones y a la calidad de agua demandada, se espera satisfacerla con 82 metros cúbicos por segundo de agua potable y 10 metros cúbicos por segundo de agua de reuso tratada.

El abastecimiento promedio actual es del orden de 74 metros cúbicos por segundo y que adicionalmente es indispensable reducir la sobreexplotación de los acuíferos del Valle de México y Lerma, en un mínimo de un metro cúbico por segundo anual.

Dado que para el año 2000 se requiere aportar caudal adicional por lo cual se estableció un proceso permanente de estudio y evaluación de los posibles aprovechamientos, tomando como base los excedentes de los recursos hidráulicos.

Con base a este criterio, se han identificado como prioritarios los proyectos de Temascaltepec, en la Cuenca Alta del río Cutzamala, Oriental y Tecolutla, al Oriente del Valle de México, Amacuzac al Sur y Tula-Taxhimay al Noroeste.

Respecto a los aspectos sociopolíticos relacionados con la construcción de las obras, así como las aportaciones de agua y los costos económicos y financieros se determino que la alternativa más viable para el suministro de agua a corto plazo es el proyecto

Temascaltepec y posteriormente se sitúan los sistemas de Tecolutla y Oriental.

Ante el dramático panorama expuesto, tenemos algunas alternativas que analizaremos detenidamente. Principiaremos por la que se antoja la más lógica, la que resuelve la mayor parte de las carencias, la adquisición del bien faltante. La solución es simple: traigamos agua de donde sea y al costo que sea. Como solución en papel parece sencillo, pero siempre hay algunos obstáculos que empañan nuestro optimismo. Pues como se sabe, en un círculo de 200 kilómetros de radio alrededor del Distrito Federal, la única fuente existente como se mencionó anteriormente son los cuatro veneros del río Tecolutla en el estado de Veracruz, cuya capacidad cubriría parte de la demanda.

Pero realizar una obra de esta envergadura es un reto, ya que este acueducto contemplaría una longitud de 200 a 250 kilómetros, el cual deberá contar con un sistema de bombeo capaz de elevar el agua a más de 1000 metros de altura, con un consumo descomunal de energía eléctrica. Como base de proyección, los sistemas actuales de extracción y bombeo consumen el 10% de la energía eléctrica generada en el país. Este sistema tendría un costo similar, por lo que estaremos hablando de que una quinta parte del potencial eléctrico se destinaría a abastecer de agua al Valle de México. Lo grave no solo es eso, sino que para generar el potencial eléctrico estamos consumiendo el 50% de la producción de

combustóleo. Por lo que para abastecer el Valle de México se consumirá gran parte del potencial de ambos energéticos.

En 1990 se contemplaba un déficit de 10.5 metros cúbicos por segundo, pues se recibían únicamente 62 metros cúbicos por segundo y la demanda que se tenía era de 72.5 metros cúbicos por segundo aproximadamente.

Aunado a esto el crecimiento demográfico del valle esta calculado en un promedio de 1.3 millones de habitantes anuales multiplicados por el consumo que se tiene por persona que es de 300 litros por habitante al día (consumo que cubre necesidades de trabajo, servicios públicos, usos domésticos y las fugas o pérdidas inherentes de servicios de distribución), resulta un consumo de 4.51 metros cúbicos por segundo, haciendo operaciones tendremos que en el año 2000 se tendrá una población de 26.5 millones de habitantes como mínimo y una demanda de agua de 92.0 metros cúbicos por segundo; pretendiendo que todos los habitantes del valle cuenten con agua se tendrá un déficit de 18.0 metros cúbicos por segundo, lo cual requerirá de una enorme inversión.

Esta alternativa presenta tres inconvenientes. el primero y más importante es que no existen fuentes capaces de proporcionar esa cantidad de agua en toda la República.

El segundo sería el costo. Aun cuando pudiera ser solucionado no vale la pena, hay otras aplicaciones con mayor

proyección social y avance económico que continuar fomentando el crecimiento de esta megalópolis.

El tercero es el consumo de energía y energéticos para conducir y subir el agua hasta el antiplano. La energía eléctrica requerida, solamente para proporcionar agua potable al Valle de México sería el 40% del potencial generado actualmente.

Los proyectos de industrialización del país sufrirían un retraso incalculable, el precio a pagar por el "privilegio" de vivir en la ciudad más grande del mundo sería muy alto. Sacrificar la estabilidad económica y el desarrollo industrial de la nación sería un crimen imperdonable que la historia reclamaría en su momento.

La segunda alternativa que se menciona contempla el control del crecimiento demográfico en el valle. Por lo pronto, este crecimiento deberá ser detenido y posteriormente reducido al número que realmente pueda sostener el valle en forma autónoma.

Devolverle la autonomía al valle implica reconocer su capacidad ecológica y no rebasarla. Debemos adquirir la conciencia de que si el valle tiene en su medio ambiente el potencial suficiente para alimentar únicamente a 5 millones de habitantes y cubre adecuadamente las necesidades inherentes a ese volumen de población, deberíamos hacerlo limitado para esos

niveles. Dado que esto no es así se tienen que arrastrar las consecuencias del incontenible crecimiento de la ciudad y la proliferación de sus habitantes. Hasta ahora hemos rebasado en un 340% la capacidad ecológica del valle, es la razón por la cual tenemos que importar cada vez más alimentos, materia prima de toda clase y agua potable.

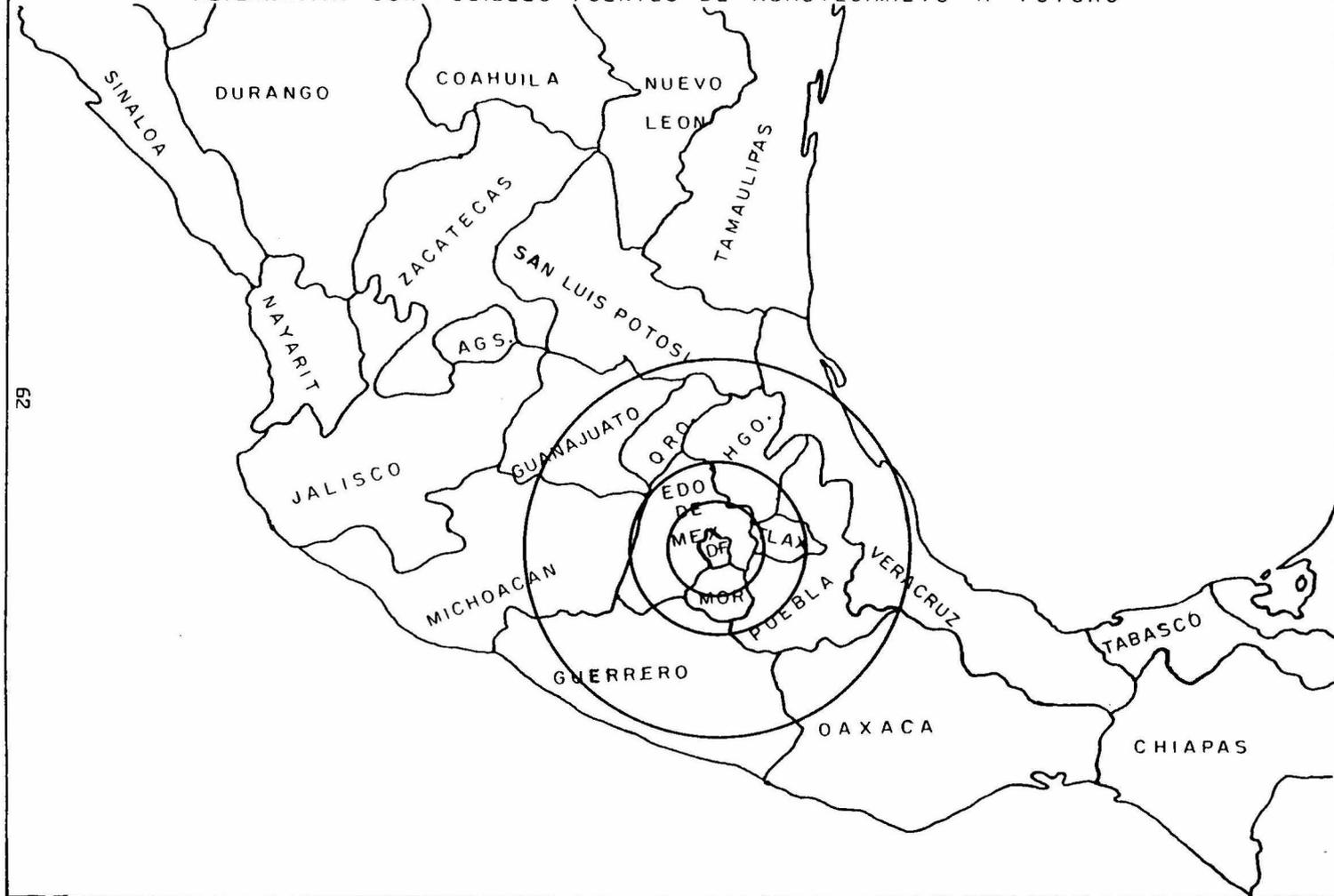
Situemos al Valle de México en un mapa de la República Mexicana (fig. 2), ubiquemos el Distrito Federal. Tracemos tres círculos; el primero con un radio equivalente a 50 kilómetros; el segundo a 100 kilómetros y el tercero a 200 kilómetros.

Analícemos el primer círculo en busca de los veneros que puedan proporcionar el déficit para satisfacer el vital líquido, iniciando por el norte en el sentido de las manecillas del reloj nos encontramos que lo que queda de Zumpango son aguas negras, siguiendo en el lago de Texcoco son aguas salobres no potables, el lago de Xochimilco, los manantiales de Nativitas y las siete Lagunas de Zempoala, así como los sobreexplotados del río Lerma, están considerados en la suma del abasto actual. Por otra parte la presa de Guadalupe y la Concepción, adelante de Tepotzotlán son insuficientes.

El contenido del círculo siguiente iniciando en el mismo sentido. Las aguas de la presa La Mora, Danxtho, San Antonio, San Juanico y Trinidad, así como la de los lagos de Nextlalpan o Endo,

FIG 2

ALTERNATIVA CON POSIBLES FUENTES DE ABASTECIMIENTO A FUTURO



Huapango, el pequeño Atocha y la laguna de Pueblita, son empleadas para surtir a los habitantes de los Estados de Hidalgo y México en sus requerimientos urbanos y de riego agrícola. Los Estados de Tlaxcala, Puebla y Morelos no cuentan con fuentes suficientes para abastecer sus propias necesidades. Las presas Tepatitlán y Villa Victoria en el Estado de México, se alimentan de los veneros de la región de Cutzamala. La presa Antonio Alzate se alimenta con aguas altamente contaminadas del río Lerma.

En el círculo siguiente esta nuestra única esperanza, considerando el mismo recorrido, el Estado de Hidalgo no tiene agua ni para abastecerse a si mismo. Las partes del Estado de Veracruz que quedan incluidas solo presentan los veneros del río Tecolutla y Tuxpan. Los Estados de Puebla, Tlaxcala y Morelos no cuentan con agua suficiente para satisfacer sus necesidades; en el Estado de Guerrero los veneros del río Balsas; en el Estado de Michoacán la laguna de Cuitzeo; la laguna de Yuriria en el Estado de Guanajuato, cerrando este círculo con el Estado de Querétaro que carece de agua suficiente para si mismo.

Otra alternativa mucho más drástica, aun cuando sea pareja para todos, sería, "abandonar la ciudad como una ciudad fantasma". esto suena peor que una utopía, suena a locura. Sin embargo, también puede ser una solución. No sería la primera vez en la historia de la humanidad que una población tomara esta resolución.

Si queremos seguir viviendo en esta ciudad, tenemos que presentar la batalla en forma conjunta, unidos como una sola entidad, con una mística de triunfadores sobre un destino que se presenta catastrófico. Se tendrán que tomar medidas cada vez más enérgicas para contener la explosión demográfica y el incremento desmedido de la ciudad. La demanda de los servicios es cada vez mayor y hemos llegado al límite. No es posible producir agua potable donde no hay ni siquiera agua.

Es importante un cambio en la política de asentamientos humanos. Debemos evitar en lo posible el abandono de localidades en el interior de la República; crear fuentes de trabajo en las entidades que así lo requieran; orientar y canalizar los esfuerzos de las poblaciones marginadas, fuente de los inmigrantes del valle que vienen en busca de soluciones a sus deficiencias económicas y de sus familias, atraídos por las candilejas de la ciudad y la digna esperanza de triunfar. Pero el valle no tiene capacidad para más habitantes, analizándolo desde el punto de vista del recurso hídrico.

El abandono de la ciudad como lo hemos llamado sería pensando en crear ciudades donde hay agua, solución que parece ser la más lógica y sensata.

Sobre la base de una planeación a largo plazo y con metas bien definidas que permitan el óptimo aprovechamiento, tanto de

los recursos económicos del país como de los créditos externos, para lograr un armonioso desarrollo que evite buscar nuevos recursos naturales de un lado a otro para aparentemente beneficiar a una o varias zonas en detrimento de otras. La propuesta de esta solución se enfoca fundamentalmente a las necesidades de agua potable, concluyendo que México tiene agua en abundancia en la desembocadura de los ríos al mar; por lo que se propone evitar que el agua de lluvia, sea llevada por los ríos directamente al mar, complementando para ello las obras que se han realizado para fines de irrigación, control de avenidas, generación hidroeléctrica, etc.

Dicha solución contempla la creación de ciudades energéticas, (Figura 3) las que contarán con plantas eléctricas; refinерías y en su caso desaladoras del agua del mar (advirtiéndolo que dicha solución es muy cara). Además de un puerto artificial, estas ciudades técnicamente planeadas contarán con zonas dedicadas exclusivamente a instalaciones industriales, zonas habitacionales estratégicamente localizadas para dar a sus habitantes confort necesario, sin problemas de concentración y contaminación, contando con medios de comunicación por carretera y ferrocarril. Para esto se proponen cinco ciudades energéticas en la Costa del Pacífico y tres en la Costa del Golfo.

La última alternativa que se presenta y que para poder llevarla a cabo es preciso contar con la colaboración de la

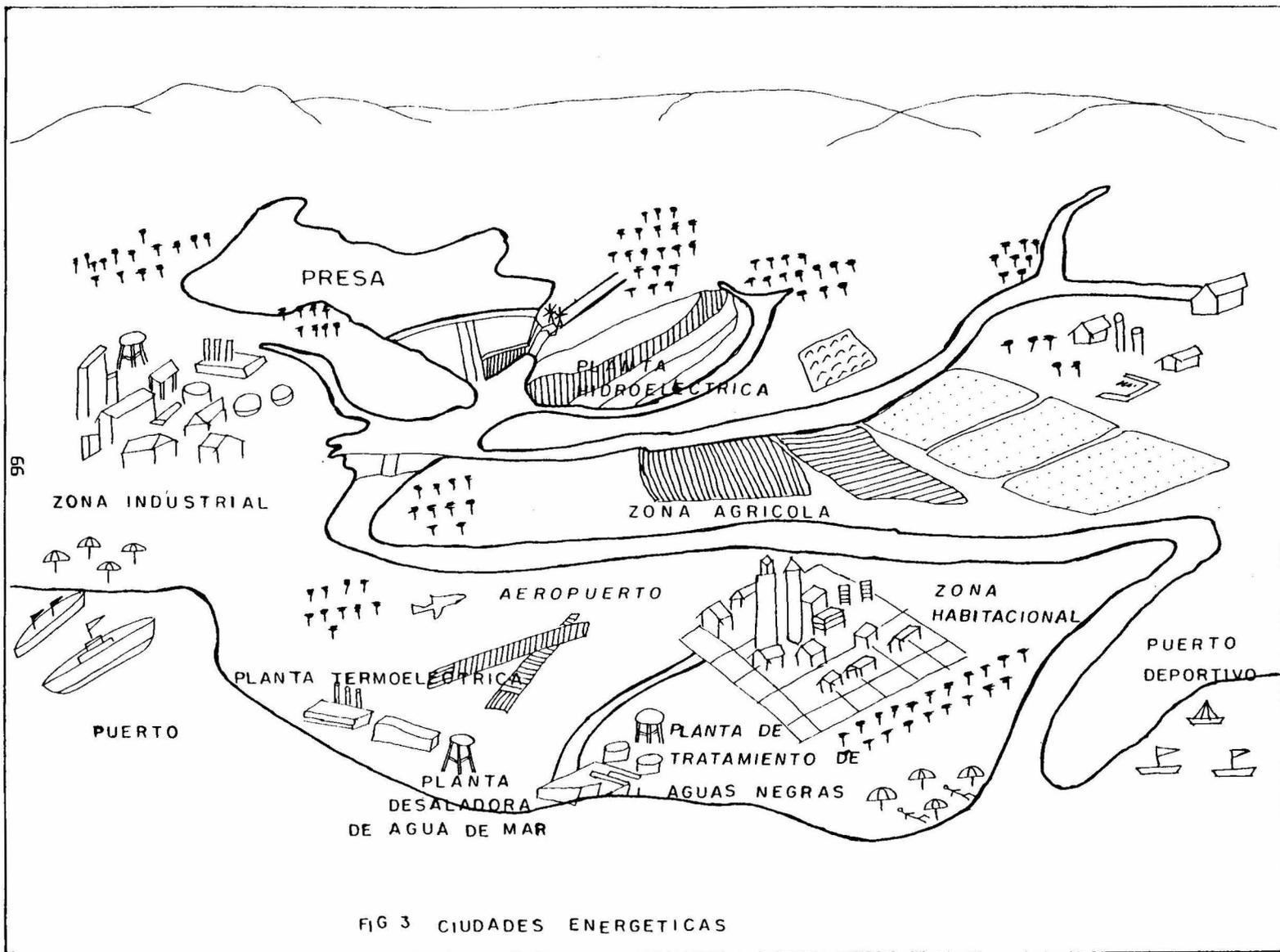


FIG 3 CIUDADES ENERGETICAS

población y la reglamentación adecuada del gobierno. Esta última alternativa es "El buen uso del agua en las ciudades". Es importante recordar que sin agua no podemos vivir; todas las funciones básicas están basadas en el agua. Sin ella no se realiza la hidrólisis de los carbohidratos, la alimentación, la digestión, la recuperación y el fortalecimiento orgánicos. Por lo tanto debemos de valorarla adecuadamente, medir sus consumos, optimizar sus usos, cambiar las costumbres, considerarla junto con el aire, como los dos tesoros vitales más valiosos que jamás llegamos a tener.

Para conservar la vida como la conocemos, ambos elementos, agua y oxígeno, son indispensables. Sin la atmósfera o sin el agua, nuestro planeta sería una masa inerte como las miles que existen en el universo. Realmente tenemos el privilegio de habitar este planeta, no podemos destruirlo, es nuestra única fuente de vida.

"El buen uso del agua en las ciudades" es una disciplina que tarde o temprano adoptaremos en nuestro beneficio. Desear el bienestar de la humanidad es querernos más a nosotros mismos. ¡¡ Esta es la fórmula !!. Pensar que somos parte de ese todo llamado humanidad.

Lo que está a punto de suceder nos afecta a todos. Imaginemos que hacer sin una buena dotación de agua potable y

lograr obtener por lo menos la mínima requerida para subsistir. Vislumbremos como será la vida en el Valle de México dentro de unos cuantos años, cuando seamos 35 millones. ¿Qué medio ambiente dejaremos a las futuras generaciones ?.

Cuidar el medio ambiente e informarnos del impacto que se recibe con nuestras actitudes, es vital para poder evitarlas en lo posible. Pensar que la solución provenga de un mandato y esperar que nos solucionen los problemas, sin nuestra participación, es muy cómodo, pero no funciona, pues por decreto no nacen los manantiales, ni se cambian las corrientes eólicas y tampoco hace que varíen los hábitos. Somos todos los que tenemos que participar con la voluntad de luchar contra las costumbres adquiridas en el presente siglo.

#### **2.4) LOS COSTOS Y LOS IMPACTOS AMBIENTALES PARA CADA ALTERNATIVA.**

Numerosos estudios demuestran que el valor que les otorgamos a las cosas está en función directa del esfuerzo que nos cuesta obtenerla, ya sea físico, económico o emocional. Con el agua sucede de igual manera. El agua que se trae cargando con cubetas, la que se acaba, la que cuesta es la que se cuida. Si llega sola, si está ahí todo el día, toda la noche, si al quedarse la llave

abierta ahí sigue sin que por ello hagamos un esfuerzo, si encima de todo esto lo que se paga por ella no significa nada; esa agua no tiene ningún valor.

El 31 de Diciembre de 1988 el Diario Oficial público la Ley de Ingresos y el Presupuesto de Egresos del DDF para el año de 1989. Del cual presentamos los siguientes datos junto con los dos años anteriores.

**DISTRITO FEDERAL**

**LEY DE INGRESOS Y PRESUPUESTO DE EGRESOS**

(Relativa a servicios de Agua, Drenaje y Tratamiento de Aguas)

INGRESOS	1987	1988	1989
	(Miles de nuevos pesos)		

**DERECHOS:**

Por la prestación de servicios de agua	<u>31,629</u>	<u>69,411</u>	<u>55,903</u>
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	<b>31,629</b>	<b>69,411</b>	<b>55,903</b>

**EGRESOS**

**ASIGNACION DE PROGRAMAS:**

Agua Potable	89,398	215,232	543,603
Drenaje y Tratamiento de Aguas Negras	<u>107,488</u>	<u>302,414</u>	<u>348,220</u>
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>196,886</b>	<b>517,646</b>	<b>891,823</b>

Del cuadro anterior observamos que no hay en el decreto ingreso alguno por concepto de servicios de drenaje o tratamiento de aguas residuales. Y por lo que corresponde al Presupuesto de

Ingresos y Egresos del DDF para el año de 1989 se ejerció un subsidio de 835,920 miles de nuevos pesos para poder prestar los servicios de agua y drenaje de la metrópoli.

En la actualidad, la problemática del agua se ha vuelto más compleja. La sobreexplotación a que se han sometido los acuíferos de la cuenca del Valle de México, ha tenido como consecuencia el que este recurso tenga que ser obtenido desde fuentes cada vez más lejanas -con el alto costo que esto representa- para estar en posibilidad de satisfacer una creciente demanda, derivada tanto del acelerado crecimiento de la población, como de la formación de importantes zonas industriales que aparte de constituirse en grandes consumidoras de agua, son la principal fuente de contaminación ambiental. Por todo esto, la búsqueda de alternativas viables que ayuden a reducir los costos de abastecimiento del servicio, que induzcan al uso racional y eviten el derroche de este recurso, adquieren particular importancia.

Las cuencas que a continuación son descritas (Tabla 9) constituyen las fuentes más convenientes para asegurar el suministro de agua en bloque a la ZMCM hasta el año 2000, tomando en cuenta además los aspectos técnicos, las consideraciones económicas, financieras y sociales del país. Así mismo se presentan los costos para las diferentes alternativas.

**TABLA 9**  
**COSTO DE LAS FUENTES ALTERNATIVAS DE SUMINISTRO DE AGUA EN**  
**BLOQUE A LA ZMCM.**

(Precios Actualizados a Diciembre de 1993).

SISTEMA	CAUDAL M <sup>3</sup> /SEG	INVERSION	COSTO ANUAL		COSTO ANUAL DE AFECTACION MILES DE N P	COSTO TOTAL POR M EN N PESOS
			OPERACION Y MANTENIMIENTO MILL. DE N P			
Taxhimay	2.8	618 345	21 343			1253.77
Temascal.	5.0	734 365	168 037		12 303	1793.46
Oriental	7.0	2379 036	118 812			2146.36
Cutzamala	19.0	3889 887	458 787		434 078	2483.33
Tecolutla I	9.8	2889 012	482 628		133 614	2978.38
Amacuzac	14.2	5242 549	636 794		87 244	3445.39
Tecolutla II	7.9	3571 104	351 921		53 140	3568.68

Fuente: DGCOH.

Análisis del Sistema de Agua en el DF  
México. (Actualizado a Diciembre de 1993).

Considerando los costos económicos y financieros, así como los aspectos sociopolíticos relacionados con cada uno de los proyectos de importación de agua, se seleccionaron las alternativas más viables para el abastecimiento de agua a corto plazo y se conjuntaron para su análisis las inversiones por concepto de suministro de agua en bloque y distribución primaria de este recurso.

Es preciso aclarar, que las inversiones correspondientes a la distribución primaria de agua en bloque, se consideraron proporcionalmente al caudal de aportación de cada una de las fuentes y su ubicación de entrada respecto a la ZMCM.

El rápido crecimiento de la población del Distrito Federal, en las últimas décadas, ha generado una demanda de servicios difíciles de atender por la escasez de recursos económicos, y porque se han creado asentamientos humanos en sitios inaccesibles o con características físicas adversas, que hacen muy costosa la construcción de infraestructura. Lo anterior ha dado como resultado déficits en los servicios, deterioro de la infraestructura y malestar en algunos sectores de la población.

El servicio de agua potable no escapa a este esquema. En los últimos años, el suministro de agua para la población ha presentado problemas de diversa índole, entre los que destacan:

1) La insuficiencia de las fuentes de abastecimiento dentro del área metropolitana.

2) La sobreexplotación del acuífero del Valle de México, lo que ha provocado el hundimiento de la ciudad y como consecuencia el deterioro de la infraestructura.

3) El riesgo de contaminación de esas fuentes del Valle.

Esto conduce a importar agua de fuentes externas como una posible solución, a pesar de los altos costos que ello implica, con el fin de atender las demandas de la nueva población y sustituir los volúmenes sobreexplotados.

Las perspectivas del abastecimiento de agua son poco alentadoras, sobre todo, si se continua incrementando indiscriminadamente la oferta en función de la demanda. Las fuentes externas están cada vez más alejadas de la Ciudad de México, por lo que la infraestructura para transferencia de agua será cada vez más costosa y difícil de realizar, debido a que la competencia por este recurso será más acentuada.

Para suministrar los servicios de agua potable, drenaje y agua residual tratada que la población requiere, se tiene que afrontar y resolver diversos problemas, dentro de los cuales destacan:

- 1) El crecimiento continuo de la ciudad, incrementa la necesidad de agua potable y drenaje, y reduce las áreas de recarga del acuífero.

- 2) Hundimientos diferenciales en las zonas de transición, que afectan el funcionamiento de la infraestructura.

- 3) Deficiencia del suministro en la zona oriente de la ciudad, por su lejanía con respecto a la entrada de agua de las fuentes externas de abastecimiento, la carencia de infraestructura para mover mayores caudales hacia ella y el mayor crecimiento de la mancha urbana.

4) Extracción, superior a la infiltración de agua del acuífero del Valle de México que ha sido durante todo este siglo, la fuente de abastecimiento más importante.

5) Necesidad de importar agua de otras cuencas para cubrir los requerimientos de los habitantes.

6) El 10% de la población no está incorporado al servicio de drenaje.

7) Gran parte del sistema de drenaje es de tipo combinado, lo cual limita el aprovechamiento del agua proveniente de las lluvias, que en general son intensas y de corta duración.

8) Descargas adversas al sistema de drenaje que dañan la infraestructura y complican y encarecen el tratamiento del agua residual.

Para preservar las fuentes de abastecimiento y el entorno ecológico, y asegurar la salud de los habitantes, se han desarrollado acciones de expropiación de áreas para la recarga, principalmente en el Ajusco Medio, Cerro de la Estrella y las Sierras de Guadalupe y Santa Catarina; así como el saneamiento de cauces y barrancas del sur, oriente y poniente de la ciudad, mediante la construcción de colectores marginales.

Esta última acción aunada a la separación de drenajes casa por casa y la captación de agua en presas y distribución de parte de sus caudales previa potabilización, permitirá un mayor aprovechamiento del agua de lluvia.

Para alcanzar los objetivos del saneamiento básico, se requiere de la participación coordinada de los habitantes y autoridades responsables de suministrar los servicios urbanos, manteniendo limpios los cauces y presas que hayan sido saneados y contribuyendo a preservar el entorno ecológico.

Los esfuerzos realizados han permitido dotar con el servicio de drenaje a más de un millón de habitantes adicionales en los últimos cuatro años, para tener una cobertura actual del 90%.

El rescate de Mixquic, Tláhuac y Xochimilco, es una de las acciones más importantes en la historia hidráulica e ilustra la filosofía de los programas que se implantan en la ciudad, ya que comprende la preservación de las fuentes de abastecimiento, es saneamiento integral de la zona y el tratamiento de agua residual y su reúso.

Con su implantación, se mejora la calidad de vida de los habitantes de la zona sur-oriente; se recupera el ambiente ecológico y el acuífero, y se intensifican las actividades productivas y recreativas de la región, fortaleciendo su economía.

En México el problema de la contaminación ha tomado perfiles peligrosos por la constante descarga de desechos de todo tipo tanto en el agua como en la atmósfera. Muchos de los ríos, lagos y algunos acuíferos, padecen ya diversos grados de infición, cuya gravedad no es posible determinar con precisión. Los contaminantes más comunes que se vierten directa e indirectamente en las aguas son entre otros materia orgánica, metales pesados, plaguicidas y fertilizantes químicos que pueden llegar a matar a corto, mediano y largo plazo la flora y la fauna acuáticas. Las grasas y aceites industriales contribuyen también a disminuir el oxígeno del agua. De todas estas sustancias que contaminan el recurso las más peligrosas son los metales pesados, transportados por los desechos industriales y los microorganismos patógenos, presentes en las aguas de los desechos urbanos.

Ante esta problemática el gobierno federal ha expedido diversos ordenamientos jurídicos como las Leyes Federales de Aguas y de Protección al Ambiente. En la primera los aspectos sobresalientes se traducen en la finalidad de realizar una distribución equitativa de los recursos hidráulicos y cuidar su conservación, declarando de utilidad la protección, mejoramiento y conservación de cuencas, cauces, vasos y acuíferos, así como la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea su régimen legal, en los términos de las disposiciones legales aplicables.

Por su parte la Ley Federal de Protección al Ambiente tiene por objeto la protección, mejoramiento, conservación y reestructuración del ambiente, así como la prevención y control de la contaminación que lo afecte.

Aceptar la necesidad de garantizar en sus diferentes usos y principalmente en el suministro para consumo humano una calidad adecuada del agua, es imperativo para las autoridades responsables por el manejo del recurso, aplicar las medidas para prevenir y controlar la contaminación de fuentes y demás cuerpos de agua.

Importar agua de otras cuencas que se encuentran a distancias de por lo menos 150 kms de distancia tiene costos de dimensiones brutales, pero aun además de esto siendo o no alto hay otra cuestión que se debe de analizar la cual es el deterioro ecológico que sufran las regiones exportadoras, además que los habitantes de estas regiones reclamaran para si los recursos de agua. Este panorama lleva a pensar en la insuficiencia del líquido si se sigue tirando al drenaje y toda insuficiencia de agua daña a la ecología y a la salud pública.

La necesidad de contar con agua para satisfacer el abastecimiento público, el riego, la generación de energía, el abrevadero y otros, o bien los requerimientos para desalojar excesos locales de líquido, se han visto solucionados mediante la construcción y operación de obras hidráulicas. Inevitablemente,

estas acciones cambian las condiciones ambientales de algunos ecosistemas, provocando en ciertos casos, daños a recursos naturales asociados.

La implantación, con fundamento legal, de presentar una manifestación de impacto ambiental, como requisito para la autorización de obras como estas, representa siempre y cuando se cumpla, una alternativa de solución a esta problemática en la medida en que se planteen acciones de prevención o mitigación de efectos negativos.

Las obras hidráulicas, consideradas como obras magnas, son parte del desarrollo económico necesario para resolver problemas poblacionales, siendo la noción de ellas, el mejorar el ambiente en diversos sentidos. Sin embargo es reciente la atención que se ha dado a los impactos negativos que ellas puedan generar.

Una vez que se ha integrado la cartera general de proyectos de infraestructura hidráulica, y de conformidad a los objetivos de impacto ambiental, esta es sometida a un proceso de análisis, tendiente a establecer mediante la aplicación de criterios ya definidos, un proceso de discriminación para identificar aquellos proyectos que pudieran generar impactos significativos al ambiente y en consecuencia, requerir de una evaluación de impacto ambiental, en cualesquiera de los niveles que tiene establecida la subdirección de impacto ambiental.

En 1982 se establece una legislación con el fin de proteger al ambiente dentro de la cual se obliga a los responsables de la realización de obras, la presentación de un documento llamado Manifestación de Impacto Ambiental. Posteriormente a fines de 1987 es cuando aparece la reciente Ley General de Equilibrio Ecológico y Ordenación Ambiental la cual se encuentra reglamentada a partir de 1988, en materia de impacto ambiental, así mismo, establece sanciones y multas por su incumplimiento.

En el mundo, la experiencia ha demostrado que en particular los grandes proyectos, están relacionados con las modificaciones sobre los ecosistemas acuáticos y terrestres, el uso del suelo, cambios climáticos locales, efectos sísmicos potenciales y aspectos estéticos del paisaje.

Además del ambiente físico, modifican también las características sociales y culturales de los asentamientos humanos que en ocasiones es necesario reubicar. Resulta evidente, en la actualidad, que las consecuencias del desarrollo, particularmente del desarrollo energético, sobre el ambiente merece tanta atención como sus resultados económicos.

Es necesario contar desde la conceptualización inicial de un aprovechamiento hidroeléctrico, con una herramienta de planeación que permita prevenir el deterioro del medio ambiente. La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología instrumento una acción

denominada "Procedimiento para la Manifestación de Impacto Ambiental" que permita reforzar las acciones de control y mitigación de impactos paralelamente con los preceptos de ley.

Con el objeto de identificar, prever y mitigar estos impactos, la Comisión Federal de Electricidad realiza "Estudios de Afectaciones, Reacomodos y Ecología" que conjuntamente con los estudios geológicos, hidrológicos, geotécnicos, topográficos y otros, determinan la factibilidad técnica, social y económica del proyecto.

En resumen, los costos de ofrecer agua a la ZMCM es muy alto ya que en adición a los costos económicos y financieros se presentan muy altos los costos ecológicos y con estos últimos se disparan (aunque en este estudio no se hayan considerado) los costos sociales y políticos.

## CAPITULO 3

### RACIONAMIENTO, REUSO Y RECICLAJE DEL AGUA.

#### 3.1) CONTROL DEL EXCESIVO CONSUMO DE AGUA POR HABITANTE.

El agua potable, canalizada y distribuida a domicilio en las concentraciones humanas constituye la base de la vida industrial, comercial y privada de la ciudad, en donde se transforma en un producto de consumo, vital para la salud y comodidad de sus habitantes.

Al proyectar un sistema de abastecimiento de agua, se establecen los consumos que se suponen permitirán satisfacer las necesidades normales de los usuarios. Estos consumos se adoptan con base a parámetros tradicionales que fijan valores de cuota per cápita, obtenidos por lo regular de estudios académicos, sin embargo, la realidad ha demostrado que el comportamiento del consumo tiene una diversidad de componentes que lo hacen variar de manera considerable de una región a otra, y entre los mismos usuarios cuando los consumos no son controlados.

El abastecimiento continuo y suficiente del agua potable, en condiciones adecuadas al consumo creciente, se asegura mediante instalaciones costosas y complejas que requieren fuertes inversiones y en ello reside el carácter técnico y administrativo de dependencias oficiales encargadas del abastecimiento del agua potable.

Para poder determinar si el suministro de un satisfactor es apropiado o no, se requiere definir las bases que nos permitan analizar adecuadamente y en forma conciente las necesidades primordiales. Una vez establecidas podremos precisar si el abasto es suficiente o, en su defecto, cuales serian las alternativas viables para ajustarlo al mínimo indispensable.

Establecer el consumo de una persona no es fácil. Intervienen varios factores que afectan directa o indirectamente los usos y costumbres de cada individuo. Aun con los mismos dispositivos de servicio, es muy difícil señalar un consumo general para todos los habitantes de una ciudad.

Algunos de los factores que destacan son: El tiempo, la distancia de la instalación entre el calentador de agua y la posición de los dispositivos de servicio en el baño, los del fregadero, la extensión del jardín o el número de plantas. También es importante considerar el diámetro de la instalación, la configuración de la misma, el tipo de tubo, los modelos de

dispositivos de servicio como llaves, grifos o regaderas, la altura existente entre el depósito y el punto donde se encuentra el dispositivo de servicio.

Las diferentes costumbres, necesidades y condiciones alteran la demanda personal. De igual forma interviene una extensa gama de diseños en instalaciones hidráulicas y dispositivos de servicios como llaves, grifos y regaderas con diferentes rangos de consumo. Los acabados internos de las tuberías, el número de curvas y codos varía en cada instalación, lo que cambia el volumen de agua surtida en las tomas donde se instalan los dispositivos de servicio. También la altura de dichas tomas altera los resultados.

La altura del depósito de agua, determina la presión en las instalaciones hidráulicas; esta equivale a  $0.100 \text{ gr/cm}^2$  por cada metro de ancho de altura en columna.

La tabla 10 nos muestra un cuadro sencillo conteniendo las equivalencias aproximadas para poder obtener los consumos en cada uno de los diferentes niveles de construcción.

Determinar los consumos por minuto o por segundo nos facilita obtener el número de litros requeridos por persona de acuerdo al confort acostumbrado.

**TABLA 10**

**CONSUMOS EN CADA UNO DE LOS NIVELES DE UN EDIFICIO**

(Instalación Hidráulica Normal de 1/2" o 12.7 mm)

NIVEL	AZOTEA	5	4	3	2	1
Altura (m)	2.0	4.00	6.00	8.0	10.00	12.0
Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	0.2	0.40	0.60	0.8	1.00	1.2
Litros por min.	18.0	27.00	32.00	36.0	39.00	42.0
Litros por seg.	0.3	0.45	0.53	0.6	0.65	0.7

Fuente: El Buen Uso del Agua en las Ciudades.

Johann Kramer A.

México, 1990.

De acuerdo a la tabla anterior podemos establecer los siguientes consumos; para los lavaderos, la parte más cercana al depósito de agua, se señala un consumo de 18 litros por minuto; el primer nivel habitacional en orden descendente, en caso del quinto nivel presenta un consumo de 27 litros por minuto, el cuarto nivel consume 32 litros por minuto; el tercer nivel 36 litros por minuto; el segundo nivel 39 litros por minuto y el primer nivel 42 litros por minuto. De lo anterior inferimos que los consumos se incrementan de acuerdo a la creciente distancia del depósito de agua que, así mismo implica una mayor presión.

En la Tabla 11 se muestra el consumo que se tiene en una casa habitación, haciendo referencia a que estos valores pueden variar dependiendo de las costumbres y aplicaciones que se le den al agua.

**TABLA 11**  
**CONSUMO PROMEDIO POR PERSONA EN CASA HABITACION.**  
**UNIFAMILIAR, TERMINO MEDIO, DE UNA PLANTA.**  
 (Instalación Hidráulica Normal de 1/2" o 12.7 mm).

DISPOSITIVO	litros/min	minutos	Consumo (litros)
Regadera Normal	18	5.23	96.9
Lavamanos	18	1.05	19.5
Fregadero	18	1.55	34.5
Lavadero	18	1.05	19.5
Cocción y Bebida			4.6
Inodoro (prom)	15	5 veces	75.0
			250.0

Fuente: El Buen Uso del Agua en las Ciudades.  
 Johann Kramer A.  
 México, 1990.

Existe una gran variedad de dispositivos de servicio, como las llaves sencillas, las mezcladoras. Un mismo dispositivo colocado a mayor distancia del depósito de agua incrementa el consumo, para mejor referencia se muestra la Tabla 12.

**TABLA 12**  
**CONSUMO NORMAL POR PERSONA EN UN EDIFICIO DE INTERES SOCIAL.**  
 (Instalación Hidráulica Normal de 1/2" o 12.7 mm).  
 Litros por Habitante.

DISPOSITIVO	AZOTEA	4	3	2	1	PB
Regadera		96.75	114.81	129.00	139.75	150.50
Lavamanos		19.35	22.96	25.80	27.95	30.10
Fregadero		34.65	41.12	46.20	50.05	53.90
Lavadero	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50
Cocción y Bebida		4.75	4.75	4.75	4.75	4.75
Inodoro		75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
<b>Total</b>	<b>19.50</b>	<b>250.00</b>	<b>278.14</b>	<b>300.25</b>	<b>317.00</b>	<b>333.75</b>

Fuente: El Buen Uso del Agua en las Ciudades.  
 Johann Kramer A.  
 México, 1990.

Esta tabla como podemos ver nos da en forma práctica la

diferencia del consumo que hay en cada nivel de un edificio, la razón por la cual ha variado es debido a la altura a la que se encuentra el depósito de agua.

De la misma tabla anterior nos podemos dar cuenta que el consumo que se tiene en promedio es de 295.83 litros por habitante por día, lo cual nos da un excedente de 45.83 litros más que en una casa habitación.

Cabe aclarar que no se esta considerando que existen en la ciudad departamentos o casas de lujo, las cuales requieren un consumo aun mayor.

A continuación se enlistan las diferentes consideraciones que se deben de tomar en cuenta para determinar el consumo que se requiere por habitante en una ciudad como la nuestra:

**a) Casa habitación o departamento termino medio.-** En este tipo de construcción se considera un consumo promedio de 250 litros por habitante por día.

**b) Residencia o departamento de lujo.-** Este tipo de construcción contempla las facilidades para emplear aparatos de servicio conectados a la instalación hidráulica; su consumo promedio fluctúa entre 350 y 400 litros por habitante por día.

**c) Hospitales, hoteles, cuarteles y prisiones.-** En este tipo de construcciones se considera un promedio de 350 litros diarios por persona.

**d) Oficinas, escuelas, restaurantes, tiendas departamentales y comercio en general.-** Aquí se tiene un consumo promedio de 125 litros por habitante por día.

Para calcular el consumo total de una ciudad, se identifican 5 principales rubros que se ocupan.

**1) El consumo doméstico.-** Contempla el gasto en los domicilios particulares, aseo personal, cocina, los diferentes lavados, riego de jardín, etc. El monto de los consumos va de acuerdo con las condiciones de vida de la población. Representa un 40% del total suministrado.

**2) Consumo industrial.-** El agua potable que reciben las industrias es empleada muchas veces en sistemas de enfriamiento. En estos casos se recicla, pero cuando es utilizada en otros procesos es desechada, en muchos casos sin el tratamiento adecuado, lo cual lleva a la contaminación de cauces y lagos. Este rubro representa el 20%.

**3) Consumo en comercios.-** Las diferentes funciones que realiza el comercio en edificios de oficinas, tiendas,

restaurantes, hoteles, baños públicos y otros servicios. Representa un 12% del abasto total de agua potable.

**4) Consumo de servicios públicos.-** Los hospitales, escuelas, cárceles, cuarteles, el riego de jardines públicos y limpieza de calles, representa un 8% del total surtido.

**5) Las pérdidas.-** En el curso del traslado, en el bombeo, en las conexiones no autorizadas, las fugas en las redes de distribución y en los depósitos son casi imposible de cuantificar, aun cuando en ocasiones se logran valorar los desperdicios y uso indiscriminado de los usuarios. Este rubro representa un 20% de la dotación con que cuenta la ciudad.

Estos porcentajes son aproximados, ya que para determinar los porcentajes reales es preciso determinar la magnitud de la industria, establecer el volumen de la población, verificar la calidad y cantidad de agua que se requiere, la que se puede suministrar y, en su caso, el o los tratamientos requeridos para potabilizarla; precisar las instalaciones de distribución, definir las áreas de consumo como las industriales, las habitacionales o de servicio público y de comercio; identificar los asentamientos irregulares que carecen de servicio y delimitar el número de habitantes que pueden ser servidos con recursos accesibles.

Otro factor indispensable es la medición de los consumos de domicilios unifamiliares, aun cuando estos se encuentren en unidades habitacionales o edificios multifamiliares. Las ventajas del sistema de medición unifamiliar son evidentes: hace que quien consume más, pague más.

Sin un sistema de medición unifamiliar es prácticamente imposible calcular las tarifas adecuadas al consumo realizado por cada familia, por lo tanto, estableciendo el sistema y aplicando las tarifas del costo real por metro cúbico de agua potable consumida, se lograría reducir como mínimo un 50% del consumo. Elevando las tarifas se preocuparían por reparar sus instalaciones, vigilarían que se obturen las fugas y reducirían los consumos, con lo que se podría aplazar a corto plazo la necesidad de traer más agua de otras regiones, al tener satisfecha la demanda en los renglones señalados.

El empleo adecuado del agua en la ciudad, adquiere especial relevancia si se considera la escasez del recurso, los altos costos que implica su abastecimiento y la importancia de preservar el entorno ecológico.

En virtud de lo anterior, el Departamento del Distrito Federal (DDF) ha creado y venido desarrollando el Programa de Uso Eficiente Del Agua (PUEDA), el cual se inicia en 1984 para

reducir los consumos excesivos de los usuarios, y lograr un mayor aprovechamiento de la infraestructura de agua potable.

La experiencia obtenida en el Programa del Uso Eficiente Del Agua en la Ciudad de México, permite aseverar que más de un conjunto de actividades, debe ser una forma de vida para los habitantes de nuestras ciudades y, de trabajo, para los responsables del suministro.

El programa incluye acciones tales como: la sustitución de muebles sanitarios que tradicionalmente requerían 16 litros por descarga, por otros que solo utilizan 6, lo que ha permitido hasta 1993 ahorrar 98 millones de litros al día; la detección y eliminación de fugas en las redes de distribución y en los domicilios de los usuarios, fundamentalmente en las unidades habitacionales; campañas de difusión para crear conciencia entre los habitantes, sobre la importancia y necesidad del buen uso del agua.

En cuanto al aspecto comercial del servicio de agua potable, se actualiza el padrón de usuarios; se continua la instalación y cambio de medidores; y se generan recursos económicos a partir de tarifas que consideran la cantidad de agua utilizada y su uso, con el fin de lograr la autosuficiencia en el suministro de los servicios hidráulicos.

### 3.2) REUSO DEL AGUA PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE USO.

Dos factores de solución al problema del agua se refieren al reuso del agua. En efecto, la generación hidroeléctrica no consume agua; solo la usa. Esto permite la reutilización de los volúmenes turbinados, tanto en otras plantas hidroeléctricas, como en otro tipo de aprovechamientos. Por su parte los usos agrícolas, domésticos, urbanos e industriales del agua, tampoco la consumen en su totalidad; entre el 30 y 70% de los volúmenes utilizados se pueden recuperar, aunque en condiciones variables de contaminación. Los procesos de tratamiento permiten devolver al agua contaminada ciertas características de calidad que la pueden hacer utilizable de nuevo para otros propósitos.

En un principio la solución más efectiva será reciclar el agua o saldrá más barato tomar cerveza o refresco que agua, o quizá sea más económico llenar el tanque de gasolina al auto que adicionarle agua al radiador.

Una de las opciones más factibles sería que, sin descuidar el incremento de la capacidad instalada para abastecer de agua potable a las zonas que aun no cuentan con ella; se sentaran bases sólidas para el desarrollo del reuso del agua en el Valle de México, mediante el tratamiento de aguas residuales.

Además del llenado de lagos recreativos y del riego de áreas

verdes -únicos usos a los que actualmente se destina- existen diversos procesos de tipo industrial que no requieren necesariamente agua potable, y que, según estudios realizados, representan alrededor del 25% de la demanda total de este sector. De estar en capacidad de satisfacer esta demanda de agua tratada, se alcanzaría un avance considerable, tanto en lo que respecta al saneamiento financiero del Sistema Hidráulico, como a lo que en ahorro de agua potable se refiere. Además esto contribuiría a aliviar en algo el alto grado de contaminación existente que es, sin duda, uno de los problemas que más preocupan en estos momentos.

Los avances en la implantación del sistema de reuso en el sector industrial no han sido significativos. Esto se debe, entre otros, a los siguientes problemas:

- 1) La insuficiencia de infraestructura para la distribución del agua que producen las plantas de tratamiento, e inexistencia de instalaciones de reuso por parte de los industriales.

- 2) Poca competitividad del agua renovada respecto del agua potable, derivada, en gran medida, de una errónea política tarifaria.

- 3) Inexistencia de un control de calidad del agua.

4) Desconocimiento de la demanda real de agua potable y del volumen que podría ser sustituido por agua residual tratada, debido a la poca confiabilidad en la medición y recaudación, así como la obtención de datos por métodos indirectos.

A continuación se presentan distintas posibilidades de desarrollo del sistema de reúso de agua en el Distrito Federal, a partir de la estimación de la demanda de agua renovada que se considere más factible satisfacer.

1) Elaboración de un diagnóstico de la situación actual de las plantas de tratamiento que permita establecer un costo de producción del agua residual tratada con el fin de plantear una tarifa más competitiva respecto al agua potable.

2) Estimar la demanda de agua potable, principalmente para usos industriales, para cuantificar el porcentaje que podría ser sustituido por agua tratada.

3) Realizar un análisis financiero para la implantación a corto, mediano y largo plazo, de un sistema de reúso en la industria que contemple un análisis de costos comparativos, respecto de distintas configuraciones de satisfacción de la demanda potencial.

El Departamento del Distrito Federal (DDF), que enfrenta uno

de los problemas más serios para el abastecimiento de agua en el país, encuentra en el uso del agua residual tratada una posibilidad importante para reducir las importaciones futuras del recurso. A los usos de agua renovada en riego, industria y llenado de lagos, se suma ahora la posibilidad de utilizarla en la recarga de acuíferos, y en el largo plazo, para uso doméstico, lo que plantea un desarrollo tecnológico que debe de iniciarse desde ahora.

Con base en las proyecciones de población realizadas por el Colegio de México y a la oferta-demanda de agua potable en el Distrito Federal elaborado por la DGCOH, donde no se consideran fuentes de abastecimiento posteriores a Cutzamala, se tendría para el año 2010, una dotación promedio de aproximadamente 103 litros por habitante por día, que es demasiado baja para los usos de un centro urbano, y que corresponde al 35% de la dotación de 1988, que fue de 285 litros por habitante por día.

Es obvio, que además del Programa de Uso Eficiente del Agua (PUEDA), debe incrementarse el reuso del agua en las actividades que no la requieran de calidad potable, tanto para fines convencionales como no convencionales. Por las razones mencionadas, se plantea la utilización de agua residual tratada en usos convencionales y no convencionales.

## **1) Usos Convencionales.**

Comprenden riego de áreas verdes, glorietas, camellones, y zonas ejidales, equipamiento, lavado de coches y algunos usos industriales. Para el cálculo de la demanda potencial de agua tratada, se estimaron las áreas susceptibles de emplearla, con base en el Programa de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, que es el instrumento que norma el crecimiento urbano de la ciudad. En él se encuentran expresadas las políticas básicas del mediano y largo plazos, así como las directrices que habrán de seguirse con el fin de garantizar un progreso controlado y equilibrado.

Este programa, también conocido como Plan Director, está formado por el Programa General de Desarrollo Urbano, que establece los lineamientos de control del Distrito Federal; los Programas Parciales que contemplan la problemática a nivel Delegación, y los Programas Parciales para Poblados en Zonas de Conservación Ecológica.

### **1.1) Areas Verdes.**

Gran parte de las áreas verdes del Distrito Federal son parques nacionales o terrenos agropecuarios, que por sus características (el Ajusco en la zona sur de Distrito Federal), o por el grado de perturbación o urbanización ocurrido (el Tepeyac al norte del Distrito Federal), no se regarían.

### **1.2) Equipamiento Urbano.**

De acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano, se denomina equipamiento urbano a escuelas, universidades, reclusorios, panteones, deportivos, instalaciones de seguridad, etc.

### **1.3) Uso Industrial.**

Cabe mencionar que varias delegaciones tienen un porcentaje muy bajo de industrias y además Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac y Tlalpan carecen de las mismas.

### **1.4) Riego Agrícola en Zona Ejidales.**

Las zonas ejidales comprenden parte de la Zona de Conservación Ecológica donde puede reusarse el agua, y los pueblos rurales ubicados en ella localizados al sur del Distrito Federal. Incluye además, la zona lacustre, que se ha visto afectada en los últimos años por el crecimiento poblacional y el cambio en el uso del suelo, de agrícola tradicional a habitacional y pecuario.

## **2) Usos No Convencionales.**

Los usos no convencionales son: recarga de acuíferos y usos diversos no tradicionales. Se denominan así, porque el

tratamiento avanzado que requieren las aguas residuales para hacerlas aptas para estos usos, hace necesario implantar programas estrictos de control a fin de garantizar la calidad del afluente.

### **2.1) Recarga de Acuíferos.**

Los estudios realizados en relación con la recarga de acuíferos, señalan que es una opción factible, siempre que se cumpla con los estándares de calidad requeridos. Para la recarga por inyección, se necesita tratamiento avanzado consistente en un tren de procesos: químico, filtración, adsorción en carbón activado y ozonación, después del tratamiento secundario.

La recarga de acuíferos se contempla a partir de dos fuentes: agua pluvial y agua residual tratada; de ellas, la más importante es la segunda. Las dos necesitan tratamiento para alcanzar la calidad requerida.

### **2.2) Uso Doméstico.**

La posibilidad de ampliar la cobertura del reuso doméstico se basa en principio, en la escasez crítica de agua de primer uso.

En los centros urbanos, solamente entre el 10 y 30% de la demanda de agua necesita ser potable, por lo que sería conveniente suministrar estrictamente la cantidad requerida y proporcionar,

para otros usos, recurso de calidad no potable, que puede ser agua residual tratada, aspecto que viene impulsandose en el Distrito Federal.

Para sustentar un programa de este tipo es necesario saber perfectamente las implicaciones toxicológicas y epidemiológicas en la población servida, así como conocer y sostener el nivel de confianza en el control de calidad de agua renovada; todo esto apoyado en criterios de calidad para su uso, que cubran una amplia gama de elementos y compuestos tóxicos.

Actualmente de 45% a 50% del agua para uso doméstico no requiere calidad potable (limpieza de inodoros, riego de jardines, lavado de vehículos), aplicaciones que en el corto plazo bajarán a 20% y 30%. De aquí se puede estimar que la demanda de agua para los usos señalados en el año 2000 podrá ser de 5 metros cúbicos por segundo, para lo cual se requiere desarrollar desde ahora un sistema dual de distinción.

Esto hace recomendable evaluar la factibilidad de desarrollar un sistema de distribución de agua renovada paralelo al actual de agua potable, que incluya a los usuarios domésticos.

El programa de uso de agua potable a nivel doméstico, tomará en cuenta lo siguiente:

- El suministro debe satisfacer criterios de calidad similares a los de uso recreativo con contacto primario.

- El sistema se operará a una presión menor que la del agua potable; así, si ocurriera una conexión cruzada accidental, el flujo sería del sistema de agua potable al de no potable.

De acuerdo con el balance oferta-demanda de agua potable en la Zona Metropolitana para el año 2010, en la estimación de la demanda futura de agua residual tratada, y en los escenarios analizados para un desarrollo adecuado del sistema de tratamiento y reuso, se plantearon los objetivos, políticas y metas del Plan Maestro de Tratamiento y Reuso 1990.

Los objetivos que tiene dicho plan son los siguientes:

- Incrementar, en el corto plazo, el suministro de agua renovada para riego y usos industriales que no requieran el recurso con calidad similar a la del agua potable.

- Producir agua tratada cuya calidad, permita utilizarla en recarga de acuíferos y usos domésticos.

- Optimizar, tanto cualitativa como cuantitativamente el uso del agua.

- Reducir la explotación de los acuíferos.

- Diminuir la dotación promedio de agua potable, sustituyendola por agua renovada.

Para esto, se definieron tres horizontes de planeación: corto (1990-1994), mediano (1995-2000) y largo plazo (2000-2010). Dichos horizontes se presentan en el siguiente subcapítulo.

### **3.3) EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

**Aguas residuales.-** Son primordialmente, partes del abastecimiento público descargadas a las atarjeas desde los sistemas de drenaje de edificios. Secundariamente, están compuestas por aguas tomadas de fuentes privadas empleadas para acondicionamiento de aire, procesos industriales y fines similares. Del 60 al 70% del agua total abastecida se convierte en aguas residuales. El remanente se emplea en riego de prados y satisfacción de necesidades domésticas, comerciales e industriales misceláneas. Las aguas residuales industriales varían ampliamente en volumen, respecto al consumo industrial del agua.

El abastecimiento de aguas, así como la descarga de las aguas residuales son bienes comunales interrelacionados. Sin embargo,

la seguridad y el sabor agradable de su suministro entrañan solamente la preocupación e interés de la comunidad servida; la evacuación sanitaria de sus aguas sanitarias residuales es un ejercicio de maduro altruismo y una solicitud para obtener la seguridad y confort de los demás. A causa de esta diferencia, ha sido necesario, generalmente, reforzar el saneamiento de las masas acuáticas receptoras a través de las funciones judiciales, así como las legislativas, consejales y reguladoras de gobierno.

Para satisfacer los requerimientos de la preservación de la calidad del agua, los sistemas de evacuación de aguas residuales deben realizar dos funciones:

1) Una colección confiable e inofensiva de las materias de desecho.

2) Una evacuación segura de las aguas residuales adecuadamente tratadas a las corrientes receptoras o a la tierra.

De otra manera el sistema colector simplemente transfiere los peligros y molestias longitudinalmente desde las inmediaciones de las habitaciones y establecimientos industriales a los canales regionales de drenado.

La evacuación de las aguas residuales proviene del hecho de que la degradación significa peligro; y así puede ser para los

alimentos. Sin embargo, los olores de las materias de drenaje y residuos industriales en descomposición, anteriormente llamados gases de alcantarillado y supuestamente enemigos del hombre, no producen infecciones, aun cuando algunas emanaciones de los colectores y tanques de aguas negras son tóxicos.

El manejo sanitario de las aguas residuales interviene en cada fase de la evacuación técnica, se inicia donde termina el suministro de aguas, en los accesorios o equipos a través de los que las aguas residuales son vertidas a los colectores, continua en el sistema de alcantarillado a través de las plantas de tratamiento y termina solamente hasta que las corrientes u otras masas receptoras de aguas han sido retornadas a su pureza deseada o se ha perdido en el océano.

Aun cuando las plantas modernas de tratamiento de aguas residuales pueden satisfacer la mayoría de los requerimientos de funcionamiento especificados, la selección real de los procesos de un asunto de higiene, estética y economía. Básicamente, las plantas de tratamiento de aguas residuales deberán integrarse dentro de los planes generales para una explotación óptima de los recursos hidráulicos regionales. Bajo condiciones cada vez más raras, pueden omitirse el tratamiento, en las circunstancias más normales, este puede conseguir su objetivo de una protección completa de las aguas receptoras contra el deterioro obvio de su utilidad.

El tratamiento de aguas residuales se inicio en el Distrito Federal, para usarlas en riego de áreas verdes y llenado de lagos, por la dificultad que representaba suministrar agua potable para esos fines ante la demanda de agua para usos domésticos.

En 1973 con la puesta en operación de la planta de tratamiento de Cerro de la Estrella, se propuso el intercambio del agua potable usada para riego en la Zona de Chalco, por agua residual tratada. Sin embargo, la carencia de infraestructura adecuada y la falta de concertación con los usuarios no han permitido que dicho intercambio se realice.

Se han incorporado más plantas de tratamiento a la infraestructura del Departamento del Distrito Federal, hasta alcanzar una producción promedio de 1.9 metros cúbicos por segundo, destinados básicamente al riego y llenado de lagos.

Hasta ahora los esfuerzos para satisfacer a la industria han dado resultados poco satisfactorios, debido a la limitación en la producción de agua residual en la cantidad y con la calidad adecuadas y en su distribución. A lo anterior se suma que las tarifas de agua potable han sido tradicionalmente bajas, derivadas de una política de subsidios, por lo que los industriales han preferido utilizarla en vez de agua residual tratada.

Desde 1980, la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH), inicio una serie de estudios relacionados con el aprovechamiento integral del agua residual en el Distrito Federal, como una fuente de suministro alterna para actividades que no requieran de calidad potable.

La sustitución de agua potable por agua residual tratada en aquellos usos en que esto es factible, también contribuye a preservar las fuentes de abastecimiento y a resolver el problema de suministro de agua potable.

Actualmente el Departamento del Distrito Federal cuenta con diez plantas de tratamiento a nivel secundario y tres a nivel terciario. En ellas se emplea el proceso biológico de lodos activados y cloro para su desinfección.

El 83% del caudal se emplea en el riego de áreas verdes y llenado de lagos recreativos, el 10% se utiliza en el sector industrial, el 5% para riego agrícola y el restante 2% en el sector comercial, básicamente para el lavado de automóviles, autobuses y carros del sistema de transporte colectivo metro.

Se han desarrollado estudios y experimentaciones en modelos, a fin de ampliar el uso del agua residual tratada y lograr un afluente de mejor calidad que ha sido utilizado a partir de 1992,

en la recarga artificial del acuífero de la Ciudad de México para contribuir a su preservación.

El tratamiento terciario se lleva a cabo mediante etapas adicionales al proceso de lodos activados que permiten la remoción de detergentes y sólidos finos en suspensión, con lo cual se logra un afluente de alta calidad.

Mediante la coordinación con los usuarios, se ha concesionado la operación, mantenimiento y comercialización del agua producida en la plantas de tratamiento Acueducto de Guadalupe y Ciudad Deportiva, a los industriales de Vallejo e Itzacalaco, respectivamente.

El tratamiento de aguas residuales y sus reuso, cada día cobra mas importancia en la ciudad, por lo que se analiza la posibilidad de que los industriales, en forma conjunta, construyan y operen plantas de tratamiento para el reuso.

Las metas planteadas en el Plan Maestro de Tratamiento y Reuso son las siguientes:

**Corto Plazo (1990-1994) .**

- Construcción de 67 km de líneas de agua tratada.

- Construcción de cuatro plantas de bombeo de agua tratada de 0.15 metros cúbicos por segundo por día.

- Construcción de plantas de tratamiento.

- Rehabilitación y equipamiento de las plantas de tratamiento y optimización de su calidad.

#### **Mediano Plazo (1995-2000).**

- Construcción de 80 km de líneas de agua tratada, incluyendo las interconexiones propuestas.

- Construcción de seis plantas de bombeo de agua tratada de 150 litros por segundo cada una.

- Construcción de los módulos 4 y 5 de la planta de San Luis Tlaxiátemalco.

- Rehabilitación y equipamiento de las plantas de tratamiento para operar a su capacidad nominal y una con la calidad establecida en el corto plazo.

- Recarga de acuíferos con cinco baterías operando con Agua Residual Tratada y con Agua Pluvial.

- Concluir tanques de almacenamiento cercano a las plantas de tratamiento, con una capacidad total de 318 000 metros cúbicos, para regular, durante 12 horas, el caudal de aguas renovadas y optimar la distribución.

#### **Largo Plazo (2000-2010).**

- Abatir el consumo de agua potable en 30%, sustituyendola por agua renovada.

- Concesionar a particulares la administración y operación de sistemas de tratamiento y reuso, responsabilizandolos de la comercialización del agua residual tratada.

- Establecer un sistema tarifario para el agua potable con base en el valor real del recurso, de tal forma que sea atractivo para el usuario la utilización de agua renovada por su menor costo.

#### **3.3.1) GENERACION DE ELECTRICIDAD.**

Entre los principales recursos que se emplean en el mundo para producir electricidad, estan las caídas del agua que utiliza una central hidroeléctrica.

En estas plantas la energía potencial del agua se transforma en energía mecánica y ella, a su vez en energía eléctrica haciendo girar una turbina acoplada a un generador eléctrico; el recurso empleado, agua se restituye a los ríos o depósitos de donde se toma con la misma calidad y cantidad

La humanidad requiere de agua para sobrevivir y la energía para su desarrollo social y económico.

La hidroelectricidad conjuga el agua y la energía, resultando ser la fuente primaria de energía más limpia desde el punto de vista ecológico.

El agua que en la actualidad se emplea ya no es exactamente un recurso renovable, como consecuencia de la irracional deforestación que modifica los ecosistemas, demanda que se le utilice adecuadamente y se le aproveche con eficiencia en la producción de energía, para ello los recursos humanos y la tecnología son fundamentales.

La Comisión Federal de Electricidad que permanentemente estudia diversas formas de generación para resolver la demanda de energía eléctrica, ha iniciado estudios de plantas de bombeo cuyo principio es almacenar agua de bombeo en un vaso superior utilizando energía de base y después usandola para generar en el momento requerido, proporcionando energía de picos.

En general podemos decir que todos los proyectos hidroeléctricos son de usos múltiples, aunque en sus estudios iniciales no hayan sido contemplados así.

Importante dentro de la generación de energía, cuando su origen no es hidráulico, es la obtención del agua de servicio y el uso racional.

Respecto al uso racional de la energía, es de mencionarse que así como el agua se aprovecha para producirla, esta sirva a su vez para obtener agua por medio del bombeo para riego o suministro del líquido, siendo notorio el desperdicio de la energía eléctrica en sistemas de bombeo a causa tal vez de tarifas subsidiadas, que inciden en la ineficiencia del uso del agua obtenida por este método.

Para sobrevivir en este convulsionado mundo, es indispensable el agua, al mismo tiempo, el progreso de los pueblos se apoya en la energía como un satisfactor elemental. No podemos pensar en un desarrollo sin energéticos y menos lo podemos hacer sin disponer de este líquido.

### **3.3.2) DRENAJES PLUVIALES.**

El problema del agua no solo abarca el abastecimiento, sino

también el drenaje. Hasta ahora el desalojo de aguas en nuestra urbe ha sido un problema. En la época prehispánica, durante la Colonia, a principios del siglo y aun hoy día nuestra ciudad se inunda. La historia urbana de México se liga estrechamente a las inundaciones: siempre ha habido una gran dificultad para su desalojo.

En algunas partes de la ciudad se construyen y reparan muros protectores en los cerros, dragado de canales, limpieza de barrancos, desazolves, etc. Sin embargo, la ciudad se inunda cuando llueve. En ocasiones las coladeras arrojan agua en lugar de recogerla; las estaciones del metro se paralizan y la ciudadanía tiene que sufrir pérdidas de tiempo por el tráfico que se congestiona y se inmoviliza.

Esto significa que en una época es necesario soportar la falta de agua, viviendo en una ciudad seca y árida; en otras temporadas se vive una ciudad de mucha humedad y grandes caudales de agua que deterioran la actividad normal de la ciudad y que se tiran al drenaje.

El desalojo de las aguas negras se realiza por los mismos conductos que llevan el agua pluvial, los sistemas de alcantarillado son de tipo mixto, es decir, el mismo conducto sirve para desalojar las aguas negras y pluviales; los sistemas de alcantarillado cubren alrededor de 72% del área urbana actual.

El desalojo de las aguas pluviales de la cuenca sin salida natural en que se ubica el Valle de México, representa uno de los problemas más serios que enfrenta la ZMCM.

El drenaje pluvial del Valle de México, esta compuesto por un sistema de presas, túneles y cauces; fue construido y diseñado en su operación y mantenimiento para prevenir en los posible, inundaciones en la Zona Metropolitana, para beneficio de áreas urbanas, industriales y en algunos casos agrícolas.

El drenaje de la ZMCM esta constituido por un sistema original "superficial" y un sistema reciente denominado "profundo"; cuenta con obras que datan de la época prehispánica, como el albadarrón de Nezahualcoyotl que fue construido para controlar y separar las aguas dulces y saladas del Lago de Texcoco.

En el Siglo XVIII, Enrico Martínez realizó el Tajo de Nochistongo que se caracteriza por ser la primera salida artificial del Valle de México, a este siguieron el Gran Canal de Desagüe y los dos túneles de Tequixquiac a principios de este siglo.

El drenaje profundo se inicio en la década de los setentas, como producto de un plan general de drenaje de la ZMCM, ante la

problemática que presenta el hundimiento del subsuelo y la necesidad de contar con un sistema de drenaje más eficiente.

De esta forma, se cuenta con tres principales conductos artificiales para el desalojo de aguas: el Emisor del Poniente que conduce las aguas del Río Cuautitlán y de los interceptores del poniente de la Ciudad de México con capacidad de 80 metros cúbicos por segundo, el Gran canal de Desagüe en el oriente con una capacidad de 120 metros cúbicos por segundo, y el Emisor Central del drenaje profundo con capacidad de 200 metros cúbicos por segundo; estos conductos desalojan la mayor parte del caudal que se genera en la ZMCM.

Infraestructura disponible para el desalojo de las aguas pluviales de la ZMCM: se cuenta con un sistema de presas que tienen como función principal, regular los escurrimientos pluviales que se generan en la sierra poniente que comprende desde el Ajusco hasta San Mateo Nopala para evitar que lleguen de manera incontrolada al sistema de drenaje; estos embalses suman 27, fueron construidos entre los años 1930 y 1940 y se denominan de la siguiente forma:

**Sistema de presas Anzaldo-Texcalatlaco.**- Incluye los ríos Eslava, Magdalena Contreras, Anzaldo, San Jerónimo, Coyotes y Texcalatlaco, a su vez este sistema se encuentra conectado al interceptor del poniente.

**Sistema interpresas.**- Que comprenden el control de avenidas de las siguientes corrientes: Mixcoac, Becerra, Tacubaya, Dolores, Tecamachalco, el Ocote, San Joaquín y el Tornillo, las que no son controladas en este sistema, son drenadas a través del canal el Tornillo o del interceptor del poniente, hasta el río de los Remedios, que a su vez las conduce al vaso del Cristo.

**Sistema Hondo-Sordo.**- Este sistema se inicia en la presa derivadora del río Hondo, en las que a través de la presa que lleva el nombre de la corriente, son descargadas en el río de los Remedios, a esa misma corriente son descargadas las aguas de los ríos los Cuartos y Totolica, ya controlados por ambas presas de los mismos nombres.

**Sistema Río Chico de los Remedios.**- Este sistema se compone de las presas: Las Julianas, Los Arcos, El Colorado y La Colorada, obras de control de las aguas de los ríos Chico de los Remedios, el cual es afluente del vaso de Cristo al igual que el río de los Remedios.

Además de los sistemas mencionados, existen la presa Madin, que fue diseñada para control de avenidas en la cuenca del río Tlalnepantla, y se utiliza para tratar y potabilizar el líquido y abastecer de ellas las zonas aledañas (Lomas Verdes); presa San Juan y Las Ruinas, localizadas en el cauce del río San Javier el

cual tiene aguas abajo dos opciones, descargas sus aguas en el emisor del poniente o en el río de los Remedios, al igual que el río Tlalnepantla, con estas tres últimas obras se protegen de inundaciones entre otros municipios al de Atizapan de Zaragoza y Tlalnepantla.

Otra obra de suma importancia es la presa Guadalupe, que además de proteger de inundaciones almacena agua para la irrigación de terrenos localizados en los municipios de Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán México, Tultitlán, Tultepec, Melchor Ocampo, Teoloyucan y Coyotepec; esta obra hidráulica controla aguas permanentes que fluyen en el río de la Colmena, San Ildefonso y San Pedro, corrientes que se originan en lo alto de la sierra llamada "Monte Alto".

En la zona oriente del Valle de México, se cuenta con el sistema denominado "Ríos del Oriente", que comprende desde el río de las Avenidas de Pachuca al norte, con su afluente denominado Papalote y cuyos caudales son regulados por la presa El Manantial, ubicado en las inmediaciones de Tizayuca, hasta el río de la Compañía al sur. Asimismo, los ríos San Juan, Papalotla, Xalapango, Coxcacoco, Texcoco, San Bernardino, Santa Mónica y Coatepec, todos ellos escurren hacia la zona del Lago de Texcoco.

Por otra parte, el emisor del poniente se inicia en el vaso de Cristo y por medio de colectores recibe las aportaciones

pluviales y residuales de las zonas urbanas e industriales de Naucalpan, Atizapan de Zaragoza y Tlalnepantla, así como parte de las corrientes de los ríos Tlalnepantla y San Javier.

Los caudales se conducen por el túnel hasta salir a cielo abierto a la altura de Lechería, en San Martín Obispo; este caudal se incrementa por las aportaciones de los municipios de Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Tultitlán y Teoloyucan; en Berriozabal se incorpora el emisor del poniente al río Cuautitlán y sus aguas son manejadas por medio de la presa derivadora Santo Tomas. Aquí se tiene la alternativa en caso de emergencia de enviarlas fuera del Valle de México a través del tajo de Nochistongo, o a la laguna de Zumpango, que es el último vaso regulador del sistema, estas aguas pueden ser descargadas al Gran Canal de Desagüe en el kilómetro 47, antes de su entrada al nuevo túnel de Tequixquiac en la obra denominada "La Rápida".

El Gran Canal de Desagüe recibe aportaciones del vaso del Cristo a través del río de los Remedios en la parte poniente del lago de Texcoco; después de un recorrido de 47.5 kilómetros descarga sus aguas en las cajas de entrada de los túneles de Tequixquiac.

## CAPITULO 4

### FUTURO FACTIBLE DEL PROBLEMA DEL AGUA EN LA MEGALOPOLIS DE LA CIUDAD DE MEXICO.

#### 4.1) FORMULACION DE LA MEGALOPOLIS DE LA CIUDAD DE MEXICO.

Para el año 2010 se habrá duplicado la población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, y su extensión habrá crecido 700 Km más, abarcando cuando menos el Distrito Federal, cuarenta y ocho municipios del Estado de México y uno o varios municipios de otros estados como Tlaxcala, Puebla, Hidalgo y Morelos.

Por lo anterior se requerirá el doble de agua potable, mientras el drenaje profundo recogerá un volumen doble del actual, de seguir las cosas como hasta ahora.

Ante los escenarios presentados por los estudiosos en la materia, para la Ciudad de México en el año 2010, es posible asentar que la ZMCM estará interactuando megalopolitanamente con otras conurbaciones importantes. Entre ellos el corredor Toluca-Atlacomulco que también reclamará agua del Sistema Lerma y

Cutzamala que son sus fuentes más cercanas. En el Estado de Morelos el corredor Cuernavaca-Cuautla tendrá una gran importancia urbana y una respetable demanda de agua, siendo la cuenca de Amacuzac quien le provea. De igual manera es posible pensar en otras zonas urbanas que también demandaran agua potable y que, hoy día, ya tienen problemas de abastecimiento como es el caso de Puebla. Por ello el abastecimiento para la ZMCM no puede concebirse como hasta ahora, pues la sobreexplotación del Valle de México excede en 75% a la recarga natural.

Dentro de 17 años, la gran megalópolis de la capital mexicana habrá absorbido un gran porcentaje del territorio mexiquense, abarcara grandes áreas de los estados de Hidalgo, Tlaxcala, Morelos y Puebla (Ver Fig. 4) y presentara graves problemas para dotar de servicios públicos a su población.

La concentración de la Ciudad de México es tan grande que, a veces, nosotros mismos estamos impedidos de comprenderla, a pesar de vivir en ella. Algunas cifras porcentuales pueden orientarnos: La ZMCM concentra, entre otros, al 29% de la población nacional; al 60% de los energéticos utilizados en el país; el 40% de agua consumida en todo el territorio; 35% de los automóviles de la República Mexicana; 77% de la inversión extranjera directa en el país; el 60% de los recursos financieros de la nación; etc.

Lo expuesto hasta el momento da un giro brusco para que el



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM

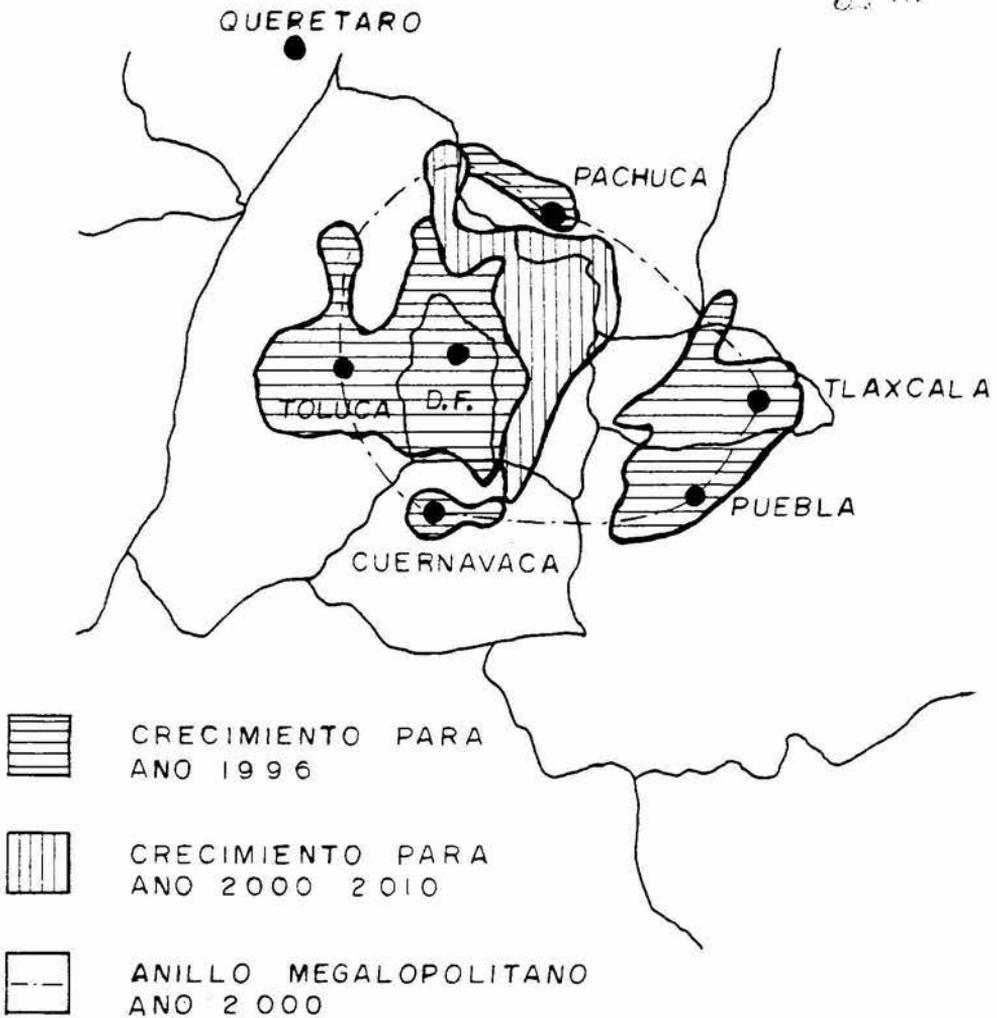


FIG 4 MEGALOPOLIS DE LA CIUDAD DE MEXICO

problema del agua en la ciudad se visualice como el problema de la concentración económica, de la macrocefalia urbana, de la megalópolis del siglo XXI. Por ello la solución, queriendo o no es la desconcentración. Para ello será necesario propiciar polos urbanos de desarrollo que sean verdaderas opciones a fin de evitar el crecimiento social de la población, y así mismo, realizar campañas para inducir el crecimiento natural a tasas cada vez menores.

En el futuro se continuará la construcción del acueducto perimetral y la infraestructura complementaria que se requiere para mejorar la distribución de agua de la ciudad.

Adicionalmente, se finalizaran las acciones de expropiación de áreas para la recarga y protección del acuífero, así como para incrementar la eficiencia en el suministro mediante la automatización del funcionamiento de componentes del sistema, el incremento en el mantenimiento de tipo preventivo y la instalación de plantas generadoras para el suministro de energía eléctrica a las fuentes de abastecimiento y rebombec de agua potable.

Se insistirá en crear conciencia en los habitantes sobre la necesidad e importancia de usar de manera eficiente el agua que se les suministra, desarrollando en la protección infantil una nueva cultura del agua; se plantearan también entre los habitantes, las acciones necesarias para que ellos mismos vigilen el cumplimiento

del Reglamento del Servicio del Agua y Drenaje para el Distrito Federal.

En drenaje, se continuará la aplicación de la infraestructura para incorporar a la zona sur al esquema general de desagüe de la ciudad y las acciones de saneamiento de cauces y barrancas e iniciará la construcción de presas para incrementar el aprovechamiento del agua de lluvia y recuperar el entorno ecológico.

En materia de tratamiento de aguas residuales, se incorporaran etapas de tratamiento avanzado en plantas de la ciudad, para diversificar el uso del agua e incrementar así la utilización de este recurso.

Además, se establecerán las acciones de coordinación para asegurar que en el mediano plazo las industrias tengan las plantas de tratamiento de aguas residuales que requieren y reusen el agua que producen.

La continuidad en las acciones que se han mencionado, logrará un mejor aprovechamiento y preservación de las fuentes de abastecimiento, permitirá conservar la calidad del agua suministrada, mantendrá saneados los cauces y barrancas, incrementará la capacidad de tratamiento de aguas residuales con

afluente de mejor calidad y conseguirá un mayor aprovechamiento del agua de lluvia, en beneficio de los habitantes de la ciudad.

Estos objetivos se lograran con el esfuerzo conjunto y comprometido de los responsables del suministro de los servicios hidráulicos y de los usuarios, dentro de los cuales el sector industrial seguirá desempeñando un papel fundamental para el mejor aprovechamiento de los recursos de que dispone la ciudad más grande del mundo.

A pesar de que desde hace años las soluciones al abastecimiento de agua potable y del saneamiento de los asentamientos humanos no son obvias, ni fáciles, se han podido ir mejorando gradualmente los niveles de atención y la cobertura de los servicios a la población y a las actividades productivas. En la actualidad el 85% de los habitantes cuenta con el servicio de agua potable y una dotación promedio de 220 litros por persona al día. De igual forma, el 66% de la población dispone del servicio de alcantarillado de aguas residuales.

Alcanzar estos resultados, en el período 1989-1992, significo un enorme esfuerzo, pues se tuvo que hacer frente al explosivo crecimiento poblacional y consecuentemente de las demandas de servicios. De forma paralela, a partir del año de 1991 se ha venido aplicando el programa de Agua Limpia para garantizar la potabilidad del agua que se suministra a la

población; en este año se cubría el 46% y para el año de 1992 la cobertura obtenida fue de 90% del total de agua suministrada a la población.

Una de las principales limitaciones que enfrenta el Sector Hidráulico es la escasez de recursos financieros. Para subsanarla se ha venido aumentando la eficiencia en la recaudación, se han incrementado las participaciones estatales y federales en los programas de inversión y se hizo un esfuerzo importante en la recuperación del nivel de las tarifas con un espíritu de justicia social, manteniendo tarifas bajas para los sectores con menor capacidad económica.

El objetivo de la política hidráulica del Estado de México es el de dotar de más y mejores servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a su población.

Los resultados que se buscan son que un mayor número de habitantes cuenten con agua potable y alcantarillado; una disposición segura de las aguas residuales, dándoles tratamiento para mejorar las condiciones sanitarias, regenerar los cauces y lagos y permitir su uso confiable en riego agrícola; disminuir el riesgo de daños por las lluvias; aprovechar los recursos hidráulicos superficiales y de los acuíferos, buscando la conservación de su calidad y cantidad.

De igual forma, fomentar la descentralización para lograr una mayor eficiencia en la prestación de los servicios y consolidar las funciones normativas del Gobierno Estatal.

Para alcanzar estos resultados se han definido cinco estrategias:

1) Desarrollar la capacidad institucional y fortalecer a los organismos operadores del Estado y Municipios.

2) Ampliar el marco de inversión y avanzar en la autosuficiencia financiera del Sector Hidráulico.

3) Fomentar el desarrollo tecnológico.

4) Establecer mecanismos de comunicación e información permanentes con los beneficiarios de la obra hidráulica para propiciar su participación.

5) Optimizar los resultados de los programas de inversión en infraestructura hidráulica.

Adicional a los programas de consolidación, operación y mantenimiento, las metas globales que se plantea alcanzar al año 2000 son:

- Constituir en cada municipio un organismo operador y lograr que en cada región exista cuando menos un organismo de excelencia.

- Lograr el nivel de cobertura del 90% en el servicio de agua potable, con una dotación promedio de 270 litros por persona al día.

- Lograr el 100% de potabilización del agua suministrada a la población y que los habitantes no atendidos por la red, se abastezcan con medios que aseguren agua de calidad adecuada para el consumo humano.

- Alcanzar una cobertura del 75% en el alcantarillado de aguas residuales.

- Aumentar la eficiencia del drenaje pluvial, mediante la adecuación y ampliación de los sistemas que disminuyan el riesgo por inundación.

- Incrementar la capacidad de tratamiento de aguas negras para cubrir el 63% de los afluentes.

Cumplir con estas metas implica inversiones estimadas en 5 757 Millones de Nuevos Pesos, a precios de 1993, distribuidas en 71 Millones de Nuevos Pesos para acciones de consolidación de los Organismos Operadores y 5 686 Millones de Nuevos Pesos en

infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Por su parte, las inversiones para rehabilitar sistemas de agua potable y alcantarillado pueden llegar a ser de 1455 Millones de Nuevos Pesos, adicionales a los 971 Millones de Nuevos Pesos que se gastan anualmente en operación y mantenimiento de los sistemas.

El desarrollo institucional implica consolidar las funciones de autoridad del Estado y de los Municipios, en un marco de creciente participación social.

La organización Estatal se concibe como un sector central delgado, con personal altamente especializado, responsable de la planeación, coordinación y regulación de las acciones. Contará con un Organismo Operador Estatal, encargado de construcción y operación de la infraestructura hidráulica regional e intermunicipal, de prestar apoyo técnico a los municipios y de la atención a situaciones de emergencia.

Se impulsará la descentralización hacia un número creciente de organismos municipales, responsables de la prestación directa de los servicios. Estos organismos deberán funcionar como verdaderas empresas con una filosofía de calidad total, para lo cual deberán adoptar sistemas modernos de administración y recaudación, actuar permanentemente en elevar la calidad de la operación, mantenimiento y corrección de fugas en las redes y

establecer prácticas para informar e involucrar a la población en la solución de problemas y necesidades.

En un sentido amplio se requiere crear condiciones laborales, salariales y de capacitación para que se cuente con el personal necesario y cada vez mejor preparado para realizar las tareas de operación y administración de los sistemas de agua.

Para ampliar la capacidad financiera del sector se debe aumentar la cobertura y la eficiencia en el cobro de los servicios, modernizando la administración y los sistemas de registro, facturación y cobranza. Es necesario liberar las tarifas de agua y además vincular a estas el costo de los servicios de alcantarillado y de saneamiento de aguas residuales. Adicionalmente conviene explorar la aplicación de la Ley de Cooperación y de derramas fiscales para financiar la construcción de infraestructuras intermunicipales. Asimismo, fomentar e incrementar la participación del sector privado en el financiamiento, construcción y operación en los sistemas hidráulicos.

Otra tarea indispensable es fortalecer la coordinación con el Gobierno Federal y el Departamento del Distrito Federal, con el fin de continuar propiciando soluciones conjuntas para optimizar el uso de la infraestructura metropolitana.

Esto será importante y eficaz, si se crea un organismo metropolitano el cual estará encargado de coordinar tanto las acciones que realicen los estados circuevecinos, el Distrito Federal y la CNA para poder así trabajar conjuntamente en el abastecimiento de agua a la ZMCM en los años futuros.

#### **4.2) ANALISIS DE LA RED PRIMARIA PARA LA MEGALOPOLIS DE LOS AÑOS FUTUROS.**

Se estima que la ZMCM para el año 2000 será la más poblada del orbe con una población calculada de 26.5 millones de habitantes. Este crecimiento urbano, traera consigo un aumento y gravedad de los problemas que pueden presentarse en el sistema de agua potable, tanto de los sistemas municipales como en los operados por particulares.

El DF al igual que todas las grandes urbes, enfrenta serios problemas para satisfacer las necesidades de agua potable y drenaje. Así el principal objetivo del Sistema Hidráulico del DF, es realizar el aprovisionamiento del agua potable, el desalojo de aguas residuales y de origen pluvial, así como de producir aguas de reuso con calidad tal que pueda ser utilizada en otros usos que no requieran de agua potable.

Para transportar el agua de las diferentes fuentes de abastecimiento a la ciudad, se cuenta con 467 kilómetros de líneas de conducción y para su almacenamiento y/o regulación se tienen 240 tanques, con capacidad total de 1.5 millones de metros cúbicos, la distribución a la población se realiza a través de tubos interconectados entre sí, estos conductos se conocen como red. La longitud total de la red es de 12 615 kilómetros, de estos 555 kms corresponden a la red primaria, que van de 20 pulgadas de diámetro hacia arriba y 12 060 kms para la red secundaria, la cual va de 20 pulgadas hacia abajo. Además se cuenta con 175 plantas de bombeo que elevan el agua hasta los sitios ubicados en las partes altas de la ciudad. La calidad del agua se conserva mediante las 244 plantas de cloración, también existen cuatro plantas potabilizadoras con capacidad total de 1.1 metros cúbicos por segundo.

También forma parte de la infraestructura un sistema de diez plantas de tratamiento y distribución de aguas residuales tratadas, para usos que no requieren de la calidad de agua potable.

Respecto a la distribución del caudal que se aprovecha en la ZMCM actualmente, se observa que el 56% esta disponible en la zona poniente, mientras solo el 44% lo esta para la zona oriente.

Para el abastecimiento de agua en bloque a los municipios conurbanos de la ciudad de México, el Gobierno del Estado de

México realizó la planeación y los estudios y proyectos para la construcción del Macrocircuito de Distribución Primaria en el Valle de Cuautitlán-Texcoco, previendo así poder distribuir los 12 metros cúbicos por segundo adicionales a los 3 metros cúbicos por segundo recibidos actualmente.

Debido a que la planeación, los estudios y los proyectos del macrocircuito fueron realizados en el año de 1985 y parte de las consideraciones que fueron tomadas en cuenta ya no son válidas para las condiciones actuales, principalmente las tasas de crecimiento esperadas, es conveniente llevar a cabo una actualización del estudio del macrocircuito.

Recientemente fue realizado el estudio de factibilidad financiera de la segunda etapa del Macrocircuito de distribución de agua en bloque en el Valle de Cuautitlán-Texcoco, el cual reporta que la oferta es mayor que la demanda, existiendo un 10% más del caudal actual requerido, lo que hace necesario realizar una redistribución para cubrir el déficit de la zona oriente, conduciendo el agua del poniente.

Por su parte el Departamento del Distrito Federal construye el ramal sur del sistema Cutzamala, denominado Acueducto Perimetral Sur, este caudal recibe el caudal proveniente de Cutzamala y lo conduce por la zona alta del poniente de la ciudad

para entregar en ruta a los tanques primarios de distribución. El tramo comprendido entre la salida del túnel Analco-San Jose y el tanque Cerro del Judío (delegación Magdalena Contreras), ya esta en operación y se tiene en proceso la construcción del tramo Cerro del Judío- Milpa Alta.

De la información anterior, podemos establecer requerimientos prioritarios que conduzcan a solucionar en el corto y mediano plazo el abastecimiento de agua potable a la ZMCM desglosados de la siguiente forma:

#### **Región Poniente y Norte de la ZMCM.**

Existe un superávit en la zona de Texcoco y un déficit en la zona de Ecatepec; para aliviar lo anterior, se sugiere conducir y distribuir el caudal proveniente del sistema Cutzamala en la región norponiente de la ZMCM, para liberar el agua que actualmente abastece esta zona proveniente del ramal Los Reyes-Ferrocarril. Lo anterior permitirá redirigir el caudal del ramal hacia la zona nororiente que es donde existe un déficit importante.

Para lograr lo anterior, se requiere programar la construcción en el corto y mediano plazo, de las obras necesarias para conducir el caudal proveniente del sistema Cutzamala; una segunda línea a partir de la toma 4 y hasta el tanque Emiliano

Zapata (la primera línea se encuentra en construcción); una doble línea del tanque Emiliano Zapata al tanque Providencia (una con servicio en ruta y la otra exclusivamente de conducción); y la línea del tanque Providencia hasta la planta Barrientos, incluyendo el ramal al tanque Coacalco. El caudal que podrá manejarse con esta infraestructura, corresponde a la capacidad de la toma 4 que es de hasta 10.4 metros cúbicos por segundo. Así mismo, prever la infraestructura necesaria para conducir el caudal del ramal Reyes-Ferrocarril, hacia el tanque Cerro Gordo y de este a los tanques de la Zona V, con un caudal estimado de 1.4 metros cúbicos por segundo; este caudal sería intercambiado por agua del Cutzamala que se entregaría en Barrientos.

Es conveniente que estas acciones se realicen coordinadamente entre las autoridades del Estado de México, Distrito Federal y Comisión Nacional del Agua; de esta forma, se podría realizar una transferencia del caudal que corresponde al Distrito Federal proveniente de Cutzamala, a través de la conducción de Toma 4 a Barrientos y entregarlo al Distrito Federal en la zona norte (Cuauhtepac), para hacer más versátil la operación del sistema en aquella parte alta del DF.

Para los municipios de Ecatepec y la parte oriente de Tlalnepantla ampliar la dotación a partir del acuífero Chiconautla con un caudal de aproximadamente 2.8 metros cúbicos por segundo. Existe la posibilidad de intercambio de agua de Chiconautla que

actualmente utiliza el DF en Santa Isabel por agua de Cutzamala, previendo así un mejor aprovechamiento de esta última fuente y una mayor reducción en la sobreexplotación del acuífero; sin embargo, será necesario así convenirlo con la Federación y el DDF pues esta última entidad requiere de apoyo para la construcción de infraestructura que permita conducir el agua en bloque al sitio de demanda.

#### **Región Oriente de la ZMCM.**

En dicha región se propone la construcción de líneas de interconexión entre los tanques La Caldera y Chimalhuacan existentes y el tanque Chalco en construcción; estas líneas permitirán una flexibilidad en el manejo del caudal disponible en Chilmahuacan, Chicoloapan, Nezahualcoyotl, La Paz, Ixtapaluca y Chalco, ya que actualmente existen pozos profundos con un potencial de 0.5 metros cúbicos por segundo en la zona de Chalco, que no son aprovechados.

Por otra parte, el DDF ha ofrecido al Gobierno del Estado de México, que una vez concluido el acueducto perimetral sur hasta Milpa Alta, lo aproveche para conducir agua de Cutzamala hacia la zona oriente del Estado, para lo cual se cuenta con el anteproyecto de conducción de Milpa Alta a La Caldera, con derivación al tanque Chalco; el caudal que podría derivarse de Milpa Alta asciende a 3.5 metros cúbicos por segundo; deberá

aprovecharse también como intercambio de agua con el DF la entrega por bombeo en los límites de esta entidad con Ciudad Neza, mismo que en una primera etapa será de 0.5 metros cúbicos por segundo y que eventualmente puede ampliarse hasta 1.0 metro cúbico por segundo.

Otra posibilidad aunque más remota de contar en el corto plazo con un caudal adicional en la región nororiente y oriente de la ZMCM, es la construcción del Ramal Noreste, proyecto que consiste en su primera etapa, en la construcción de un acueducto para el aprovechamiento de 1.0 metro cúbico por segundo de agua subterránea de una batería de 10 pozos en la zona de Otumba y Teotihuacan, para conducirla al tanque Cerro Gordo de Ecatepec y una segunda etapa de 1.5 metros cúbicos por segundo de la zona de Apan, en el Estado de Hidalgo.

Basados en las estrategias antes mencionadas y en la figura de oferta actual-demanda 2000 la distribución de agua en bloque para satisfacer los requerimientos 1993-2000 en los municipios conurbanos del Area Metropolitana del Valle de México sería la siguiente: con el ramal norte del macrocircuito de distribución se podran satisfacer las demandas de las zonas de Texcoco, Cuautitlán y Coacalco. El gasto adicional por entregar será de 2.1 metros cúbicos por segundo; con el acueducto perimetral sur se podran satisfacer las demandas de las zonas Nezahualcoyotl y Chalco. El gasto adicional por entregar será de 3.3 metros cúbicos por

segundo, siendo posible manejar el acueducto hasta 3.5 metros cúbicos por segundo para el Estado de México. En la zona de Nezahualcoyotl se contará con un caudal de 1.0 metro cúbico por segundo de transferencia del DF a Barrientos, este gasto servirá para disminuir la sobreexplotación del acuífero; en la zona de Ecatepec el caudal adicional por entregar será de 5.5 metros cúbicos por segundo, del ramal los Reyes-Ferrocarril se proporcionaran 1.4 metros cúbicos por segundo, agua que se intercambiara por caudales de Cutzamala entregados en Barrientos, del Acueducto Chiconautla se podrá extraer un caudal adicional de 2.8 metros cúbicos por segundo perforando y rehabilitando pozos, usando la infraestructura del DDF, y de la zona de Texcoco se podrá contar con 1.3 metros cúbicos por segundo de agua limpia que actualmente se usa en riego.

#### **4.3) NUEVAS TECNOLOGIAS DEL SIGLO XXI.**

Elevar el nivel tecnológico de las instituciones encargadas de la planeación, control, equipamiento, operación y mantenimiento de la infraestructura, acorde con la magnitud del sistema hidrológico por atender.

La diversidad de condiciones que prevalecen en las localidades urbanas y rurales del Estado, hacen necesario fomentar

el desarrollo de tecnologías adecuadas para cada caso. Se requiere contar con mejores soluciones tanto para situaciones tan complejas como las que se presentan en los municipios conurbanos del Valle de México, como para condiciones de extrema escasez de recursos en pequeñas poblaciones del medio rural. Habrá que establecer una estrecha relación con institutos, universidades e instituciones de educación superior, para establecer programas de investigación y de formación de recursos humanos capacitados en el nivel técnico y profesional.

Los principales campos de desarrollo tecnológico que requiere el Estado promover son: en la operación, el uso de tecnología moderna en automatización, instrumentación, monitoreo y el manejo de la información a nivel Estatal; profundizar en el conocimiento de los acuíferos y su aprovechamiento más conveniente; el tratamiento y uso de aguas salobres; restauración de condiciones ambientales, particularmente en el reuso de agua; y el desarrollo de sistemas modernos de informática y administración que eleven la eficiencia de los organismos operadores municipales y del organismo Estatal.

La obra hidráulica y sus servicios asociados significan una interrelación altamente politizada entre Gobierno y sociedad. Por ello es de la mayor importancia y trascendencia la comunicación oportuna y permanente entre las autoridades y los beneficiarios de los servicios, estableciendo una campaña intensa, profesional,

especializada y permanente de información y participación Ciudadanía-Gobierno, con sistemas descentralizados de información coordinados en cada región y a nivel Estatal, que permitan a los distintos grupos sociales conocer y participar en las definiciones y soluciones de los problemas. Esta comunicación debe de propiciar una creciente conciencia social de ahorro y uso adecuado del agua, así como promover la participación organizada de los usuarios en las obras y en las tareas de administración y mantenimiento de los sistemas hidráulicos.

La canalización de los recursos de inversión debe concretarse en obras que tanto en el corto como en el largo plazos, ofrezcan beneficios inmediatos a la población, sean construidos en tiempos adecuados y con la más moderna tecnología.

Para la planeación y programación de las acciones de consolidación de las infraestructuras, este plan establece cuatro ámbitos de actuación claramente diferenciados.

1) La gran concentración urbana e industrial de los municipios conurbanos del Area Metropolitana del Valle de México.

2) El Area Metropolitana de la Ciudad de Toluca, que se manifiesta como la zona con mayor potencial de desarrollo en los próximos años.

3) Los sistemas urbanos y las ciudades que articulan a las distintas regiones del estado.

4) La pequeñas poblaciones, pueblos y rancherías que conforman al medio rural.

Esto ha orientado algunas de las investigaciones a abordar problemas que usualmente no podemos ver atendidos, en la literatura especializada en tecnología; y el Instituto de Ingeniería ha participado en el desarrollo de algunas investigaciones aplicables, sobre todo relacionadas con las condiciones muy particulares de la Ciudad de México, a la elaboración de modelos matemáticos o modelos para simular y poder predecir, con suficiente tiempo, que va a pasar si imperan determinadas condiciones.

Entre otros estudios que ha tenido oportunidad de desarrollar el Instituto, muchos de ellos bajo el patrocinio del Departamento de Distrito Federal, con la participación de distintos técnicos y expertos en esta área, estan, por ejemplo, estudios sobre las precipitaciones, que son muy intensas y de corta duración.

Entre otras cosas, que han resultado de estas tantas investigaciones se tiene una serie de procedimientos de tratamiento de aguas, distintos a los que usualmente se han aplicado. Se tiene actualmente en desarrollo un proceso de

tratamiento de aguas residuales, fundamentalmente de tipo anaerobio. Se trata de incorporar a la realidad, de nuestras condiciones estos métodos, para que, dada la situación que impera en nuestro medio, podamos ser nosotros más eficientes en su manejo, podamos disponer de mayor agua a menores costos, etc.

También se intenta fortalecer toda la labor de la investigación, a través de la mejora de los equipos de medición, equipos para controlar la calidad de agua; a través de disponer de laboratorios de distinta índole.

## CONCLUSIONES

En la presente tesis hemos estudiado la problemática del agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Del anterior estudio se pudo observar que de la demanda que se tiene en función de la oferta, presenta déficits de gran consideración, lo cual nos hace pensar en un uso más racional del vital líquido. Proponiendo que a cada uso se le de la importancia debida y así mismo se haga un uso más eficiente del agua potable.

Esto se logrará mediante el cobro que se haga, pues como el precio que se paga es mínimo, el agua se derrocha en cantidades considerables y esto no es justo, ya que mientras algunos habitantes cuentan con cantidades más que suficientes, algunos otros se ven en la necesidad de pagar un alto costo para obtener unas cuantas gotas.

Al referirnos a las fuentes con las que se cuenta, se considera que estas suministran un caudal bajo en comparación con el que se requiere para cubrir las necesidades.

Aunado a esto, las posibles fuentes de suministro a futuro representan enormes inversiones las cuales serán muy difíciles de subsidiar. Estas inversiones serán cuantiosas y la verdad no valdría la pena invertir en ellas, por lo que la propuesta de descentralizar a la ZMCM, es considero, la mejor alternativa que presento, pues al crear ciudades en las que podamos tener todos los servicios más necesarios sin necesidad de recurrir al Valle de México es lo más indicado. Aclarando que esta propuesta aunque es la mejor no deja de ser un tanto poco creíble, pues descentralizar la ZMCM es prácticamente imposible.

Por lo tanto se requiere tener un control más estricto del consumo que se tiene por habitante, lo cual es una tarea difícil, pues como es de todos sabido cada habitante piensa de manera muy personal. En este punto se debe de seguir promulgando la difusión de ahorro del agua, ya sea mediante la instalación de más muebles que utilicen menos agua para su función.

Otro punto no menos interesante es el reuso que le debemos de dar al agua, ya que del agua que se requiere para los diferentes usos no toda necesita de calidad potable, por lo que reciclar el agua será parte del futuro que deba tener dicho recurso.

Entonces, el Racionamiento, Reuso y Reciclaje jugará un papel muy importante en materia de agua potable.

De no seguirse las recomendaciones anteriormente expuestas, el futuro que tendrá la gran Megalópolis será de consecuencias impredecibles, pues se proyecta que en el siglo XXI la Ciudad de México será la mancha urbana más grande del planeta.

Por todo lo anterior, exhorto a todos los habitantes de esta gran Megalópolis para que hagamos una reflexión acerca del futuro que dejaremos a futuras generaciones.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) ABASTECIMIENTO DE AGUA Y REMOCION DE AGUAS RESIDUALES.  
Gordon Maskev.  
Editorial Limusa.  
México, 1974.
  
- 2) AGUA: SISTEMA CIRCULATORIO DE LA GRAN CIUDAD.  
SEIS AÑOS DE ESFUERZO CONJUNTO.  
DDF., DGCOH.  
México, 1988.
  
- 3) AGUA PARA LOS MEXICANOS DEL SIGLO XXI.  
Ing. Pablo Tapie  
AMIME.  
México, 1992.
  
- 4) AGUA Y DRENAJE METROPOLITANOS.  
Guillermo Ramírez y Noemi Stolarski.  
Editorial Cambio XXI  
México 1983.

- 5) AHORA SE PRIVATIZA EL SERVICIO DEL AGUA.  
Victor Manuel J. y Ricardo Palacios.  
Revista Semanal Epoca #70.  
México, 1992.
  
- 6) ANALISIS DEL SISTEMA DE REUSO DE AGUA EN EL DF  
DGOH.  
México, 1986.
  
- 7) COLOQUIO DE VERANO ACATLAN 88.  
Agua y Megalópolis.  
Ing. Ignacio Lizarraga Gaudry.  
México, 1988.
  
- 8) COLOQUIO DE VERANO ACATLAN 88.  
El Agua en el Desarrollo Industrial.  
Ing. Silvino Baños Paz.  
México, 1988.
  
- 9) COLOQUIO DE VERANO ACATLAN 88.  
El Agua en el Desarrollo Nacional.  
Dr. Daniel Reséndiz Núñez.  
México, 1988.

- 10) COLOQUIO DE VERANO ACATLAN 88.  
El Impacto del Hombre en los Recursos Hidráulicos  
Dr. Ernesto Espino de la O.  
México, 1988.
  
- 11) COLOQUIO DE VERANO ACATLAN 88.  
Los Recursos Hidráulicos, su Distribución Natural en  
la República Mexicana y sus Efectos Sociales, Políticos  
Económicos, Jurídicos y Técnicos.  
Ing. Eric Moreno Mejía.  
México, 1988.
  
- 12) COMISION DEL PLAN NACIONAL HIDRAULICO.  
SARH.  
México, 1975.
  
- 13) CONSEJO NACIONAL DE INDUSTRIAS ECOLOGISTAS, A.C.  
Primer Congreso y Exposición de la Industria y el  
Medio Ambiente México Unidos de Norteamérica  
Cd. de México, Marzo de 1993.
  
- 14) EL BUEN USO DEL AGUA EN LAS CIUDADES.  
Johann Kramer A.  
Cámara Nacional del Comercio de la Cd. de México.  
México, 1990.

- 15) EL FUTURO DEL AGUA EN LA CIUDAD DE MEXICO Y SU ZONA  
CONURBANA.  
Hector Islas Moreno.  
DGCOH.  
México, 1990.
- 16) ESTUDIO SOBRE LA DEMANDA DE AGUA Y LOS COSTOS  
MARGINALES DE LOS SERVICIOS HIDRAULICOS DEL DF.  
Enrique Aguilar y Asociados SC.  
México, 1981.
- 17) INGENIERIA HIDRAULICA EN MEXICO.  
Comision Nacional del Agua.  
Editada por el Instituto Mexicano de Tecnología del  
Agua.  
México, Abril de 1992.
- 18) LA DEMANDA DEL AGUA.  
Organización de las Naciones Unidas.  
Nueva York 1976.
- 19) MEMORIA DEL PROGRAMA DE USO EFICIENTE DEL AGUA.  
DDF., DGCOH.  
México, 1992.

20) PLAN MAESTRO DE TRATAMIENTO Y REUSO.

DIPLASA, DGCOH.

México, 1990.

21) PLANEACION DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN BLOQUE A LA  
ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.

SARH, DGCOH

México, 1986.

TVA  
461L  
1994



369



# UNAM

## FECHA DE DEVOLUCION

El lector se obliga a devolver este libro antes  
del vencimiento de préstamo señalado por el  
último sello.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO