

Fernando Carrión M. / Grace Benalcázar Z.

Políticas integrales y convivencia en las ciudades de América Latina: servicios urbanos e inclusión



cifal
Barcelona



unitar
United Nations Institute for Training and Research



OLACCHI
Organismo Latinoamericano
y del Caribe de Capacitación

Quito
DISTRITO
METROPOLITANO

Con el apoyo de



VEOLIA
ENVIRONNEMENT

PROACTIVA
MEDIO AMBIENTE

© OLACCHI

El Quinde N45-72 y De Las Golondrinas

Quito, Ecuador

Tel.: (593 2) 246 2739

olacchi@olacchi.org

www.olacchi.org

CIFAL-Barcelona

Institut de Seguretat Pública de Catalunya, Ctra. C-17

Barcelona-Ripoll, km 13,5

08100 - Mollet del Vallès (Vallès Oriental)

Barcelona, España

Tel: +34 93 343 52 29

Fax: +34 93 343 52 30

www.cifalbarcelona.org

UNITAR

Chemin des Anémones

CH 1219, Chatelaine

Geneve, Suisse

Tel: +41 (0) 22 917 88 42

Fax: +41 (0) 22 917 89 93

www.unitar.org/ldp

Ilustre Municipio

del Distrito Metropolitano de Quito

Palacio Municipal

Venezuela entre Chile y Espejo

Quito-Ecuador

sitioweb@quito.gov.ec

www.quito.gov.ec

ISBN: 978-9978-370-08-7

Cuidado de la edición: Gabriela Chauvin Ochoa

Diseño de portada e interiores: Antonio Mena

Imprenta: Crearimagen

Primera edición: septiembre de 2009

Índice

PRESENTACIÓN	7
AGRADECIMIENTOS	9
INTERVENCIONES PROTOCOLARES	15
<i>Carlos González, Carlos Lopes, Joachim Bitterlich, Dominique Héron, Fernando Carrión, Joan Saura i Laporta</i>	
INTRODUCCIÓN	
Sociedad, ciudad y gobierno: trípede de la convivencia ciudadana ...	45
<i>Fernando Carrión M. / Grace Benalcázar Z.</i>	
GESTIÓN URBANA INTEGRAL Y CONVIVENCIA	
Gobernabilidad y nuevos territorios	73
<i>Jordi Borja</i>	
Urbanismo y espacio público: oportunidades para fomentar cultura ciudadana	97
<i>Antanas Mockus</i>	
Quito: una experiencia de gestión integral para la convivencia	107
<i>Diego Carrión Mena</i>	
ESPACIO PÚBLICO, CULTURA CIUDADANA Y CONVIVENCIA	
Violencia urbana: un asunto de ciudad	119
<i>Fernando Carrión M.</i>	

Metrópolis y recuperación urbana: ¿la comparación Europa-América Latina es pertinente?	149
<i>Hélène Rivière d'Arc</i>	
Las ciudades y el desafío político de la seguridad	165
<i>Andrés Antillano</i>	
Agua y metrópoli: buscando la sostenibilidad. El reto de la Ciudad de México por agua potable	183
<i>Gustavo Rodríguez Elizarrarás</i>	
ACCESO A LA CIUDAD, SERVICIOS Y CONVIVENCIA	
Gestión de los servicios básicos y convivencia	217
<i>Juan A. Neira Carrasco</i>	
¿Por qué se dejan tantas vidas sobre el asfalto? Muerte en las calles, seguridad vial y ciudadana	229
<i>Ricardo Montezuma</i>	
Movilidad en Santiago: un camino hacia la integración	247
<i>Marco Carmach Botto</i>	
RIESGOS URBANOS E INCLUSIÓN SOCIAL	
Aliviando el peso de problemas ambientales: del diagnóstico a la acción colaborativa en Moreno, Buenos Aires, Argentina	265
<i>Gastón Urquiza</i>	
Convivencia bajo riesgo	289
<i>Germán Solinís</i>	
Servicios urbanos e inclusión	303
<i>Gonzalo Ramírez G.</i>	

Agua y metrópoli: buscando la sostenibilidad.

El reto de la Ciudad de México por agua potable

Gustavo Rodríguez Elizarrarás*

La expansión de la Ciudad de México hacia el Estado de México se inicia en la década de los años cincuenta con el desarrollo urbano de Ciudad Satélite y la integración de Tlanepantla, como el primer municipio conurbado. Para 1980, son 19 los municipios que ya integran la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). Para fines del siglo XX, son 28 los municipios conurbados, que junto con las 16 delegaciones del Distrito Federal (D. F.) suman una población de alrededor de 18 millones de habitantes que demandan los servicios de agua potable de las mismas fuentes.¹

La dinámica del crecimiento urbano en la ZMCM no siempre ha respondido a los planes y programas de desarrollo urbano que a escala federal y estatal se han establecido. Particularmente a partir de los años ochenta se intensifica la oferta irregular o ilegal de tierras ejidales y comunales en beneficio, mayormente, de grupos políticos y fraccionadores privados que actúan, frecuentemente, al margen de la ley, dando como resultado que, hacia finales del siglo XX, alrededor del 25% de la

* Presidente de la Fundación Agua y Medio Ambiente. Correo electrónico: grodriguez@fama-ac.org

1 La ZMVM depende de los acuíferos del Valle de México y de las cuencas externas de Cutzamala y Lerma. En otro apartado se describen las principales características de la oferta de agua potable y del sistema de drenaje profundo, que cubre solamente 17 municipios del total de los municipios conurbados.

población ocupe zonas donde los servicios de agua y drenaje son deficientes o inexistentes.²

En consecuencia, la problemática hidráulica en la ZMVM presenta, fundamentalmente, dos fenómenos que caracterizan, en general, la demanda de servicios públicos. Un primer efecto es que la construcción de la infraestructura hidráulica siempre va a la zaga del avance de la mancha urbana, lo que genera el segundo efecto negativo, que es que la construcción de la infraestructura de agua potable en esas zonas no siempre cumple con las exigencias técnicas, ya que las más de las veces es realizada por autoconstrucción o por cooperación entre los propios vecinos.

De otra parte, los programas de inversión en infraestructura hidráulica son, en general, insuficientes y decrecientes para las necesidades reales en el tiempo,³ siendo esto más evidente en algunos municipios y delegaciones de la ZMVM. Esta situación genera un progresivo desfase entre la demanda de servicios y la respuesta operativa y constructiva de las redes de distribución y de drenaje que deberá corregirse mediante una planeación sectorial metropolitana coordinada.

El efecto visible de lo anterior es el nivel de pérdidas en el volumen manejado en los sistemas hidráulicos municipales y delegacionales que, como se verá más adelante, representa porcentajes que obligan a reprogramar la estrategia y las políticas sectoriales si se quiere alcanzar, en el horizonte de 2025, una perspectiva de verdadero equilibrio entre oferta y demanda de servicios de agua potable y drenaje en la ZMCM.

Hasta ahora, muchos especialistas argumentan como única solución para satisfacer la demanda futura, la necesidad de mayores aportes de agua al abastecimiento de la ZMVM. Para tal efecto, se han estudiado varias opciones que se presentan en la figura 1. Contrario a esa tesis, aquí se considera que la oferta actual debe y puede ser racionalizada y que si

2 El INEGI registra que en el Distrito Federal (D. F.) el 97% de las viviendas cuentan con el servicio domiciliario de agua potable, por el 94,2% en la zona conurbada; en cuanto al servicio de drenaje la cobertura (incluyendo fosas sépticas) sería del 92,7% para el D. F. y del 82,3% para la zona conurbada.

3 Ver (2000). "La Ciudad de México hoy. Bases para un diagnóstico". *Fideicomiso de estudios estratégicos sobre la Ciudad de México*. GDF, noviembre: 124.

hubiera necesidad de nuevos volúmenes de agua de fuentes externas, éstos serían para buscar el necesario y urgente balance en la explotación del acuífero, al limitar su extracción a niveles iguales o menores a su recarga.

Igualmente, en materia de infraestructura de drenaje, la propuesta aquí sustentada es minimizar la inversión en zonas donde sea conveniente y viable la construcción de plantas de tratamiento locales, generando con ello beneficios al medioambiente al disponer de agua tratada para riego y usos no domésticos en zonas donde hay poca disponibilidad de agua potable, normalmente en laderas de las partes altas de la zona, caracterizadas por desarrollos irregulares o marginados.

Figura 1. Cuencas que son fuentes potenciales de abastecimiento para la zona metropolitana del Valle de México



Análisis espacial del abastecimiento de agua potable y otros servicios hidráulicos. Fuentes y características de la operación de los sistemas y de la oferta actual

El análisis incluye las 16 delegaciones del D. F. y 17 municipios del Estado de México;⁴ los demás municipios del Estado de México y los municipios del Estado de Hidalgo operan sistemas no integrados a las fuentes de abastecimiento de agua potable y al sistema de drenaje que cubre el servicio en la zona de análisis y no fue posible obtener información suficiente para su inclusión.

Agua potable. Para todo efecto, por ley el abastecimiento de agua en bloque lo asegura la Comisión Nacional de Agua (CNA), que es la institución federal que administra el recurso en todo el territorio nacional. Sin embargo, la CNA tiene libertad legal para concesionar a instituciones oficiales —estatales, municipales o descentralizadas— y a operadores privados, los derechos de explotación y uso del recurso, sea este superficial o subterráneo.

En el D. F., dependiendo de la Secretaría de Medio Ambiente, el organismo operador para agua y drenaje es el Sistema de Agua de la Ciudad de México (SACM) y es quien adquiere de la CNA el agua en bloque proveniente de las “fuentes externas” (Sistemas Cutzamala, Norte y Sur); también opera los pozos profundos de su propio sistema (Lerma, Sur, Oriente y Poniente), además de captar las aguas superficiales para integrarlas a la red de agua potable.

En el Estado de México, la Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM) opera los pozos que abastecen los municipios en el Estado, entregando a los organismos operadores municipales⁵ los flujos que se inyectan a las redes secundarias de distribución. En el anexo 1 se

4 Los municipios incluidos son: Atizapán de Zaragoza, Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacán, Coacalco, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Ecatepec, Huixquilucan, Ixtapaluca, La Paz, Naucalpan, Nezahualcóyotl, Tecámac, Tlalnepantla, Tultitlán, Villa Nicolás Romero.

5 No todos los municipios del Estado de México cuentan con organismos operadores de agua. Para 2025, todos los municipios deberán contar con sus organismos operadores.

presentan dos mapas con la infraestructura del manejo de agua en bloque para la ZMVM: 1a) en su condición actual y 1b) en su proyecto planeado.

Para cubrir la demanda de servicios de agua potable se ha construido infraestructura que de forma resumida se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Infraestructura hidráulica actual en la ZMVM			
Infraestructura	Unidad de medida	Distrito Federal	Estado de México
Pozos existentes	cantidad	847	242
Acueductos	kilómetros	490	348
Red primaria	kilómetros	690	426
Red secundaria	kilómetros	12.000	9.500*
Tanques de almacenamiento	cantidad	243	32*
Capacidad	Metros cúbicos	1.500.000	440.000

* Valor estimado.
Fuente: Investigación propia en SACM, CAEM, CNA.

Drenaje. Para el desalojo de los volúmenes generados de aguas residuales y de los escurrimientos de agua pluvial, la ZMVM cuenta actualmente con cuatro magnas obras hidráulicas; la primera (anexo 2), fruto de casi 200 años de esfuerzos, fue el Tajo de Nochistongo que, a partir de su inauguración en 1789, fue la sola vía de desalojo de las aguas pluviales; en 1900 se inauguró el Desagüe del Valle de México, obra considerada en ese momento como ejemplo de ingeniería universal⁶ que desaloja inicialmente por el primer Túnel de Tequisquiac y, al inaugurarse en 1954, también por el segundo Túnel de Tequisquiac. Como última magna obra, el Emisor Central del Drenaje Profundo se inaugura, en su primera etapa, en 1975 (anexo 2a).

6 Manuel Perló Cohen narra en detalle la historia de esta magna obra en su investigación (1999). *El paradigma porfiriano, historia del desagüe del Valle de México*. PUEC-IIS / UNAM.

En el D. F., la Red Primaria de drenaje esta constituida por 20 sistemas y 125 subsistemas y es operada por el SACM; en ella convergen los servicios de todo el D. F. Integrados al sistema, se encuentran 20 subsistemas de los municipios de Nezahualcóyotl (9) y de Ecatepec (11).⁷ La CNA, a través de su Dirección Regional de Agua del Valle de México (DRAVAMEX), opera y mantiene algunos de los cauces principales que alimentan al sistema principal de drenaje.

Esta gran Red ha visto disminuir su capacidad debido a los hundimientos diferenciales, ocasionados por la sobreexplotación del acuífero. Algunos de ellos ya presentan serios problemas, tal es el caso de la contrapendiente en los primeros 20 km del Gran Canal, así como en el río de la Compañía (en la zona de transición) y los canales de Chalco y Nacional. Por su lado, el Drenaje Profundo fue diseñado para no sufrir afectaciones debido a los hundimientos diferenciales de la ciudad. Actualmente están en curso varias obras que buscan mejorar los sistemas el manejo de esos cauces.

Como parte del Sistema general, el SACM inauguró en 2004 una planta de bombeo para aguas residuales, con una capacidad nominal de 40 m³/seg, lo que permitió incrementar el caudal manejado por el Gran Canal. Particularmente esta magna obra permitió cerrar el Emisor Central en el período de estiaje, lo que ha hecho viable revisar e intervenir parcialmente en reparaciones al principal cauce de evacuación del Sistema, el Drenaje Profundo. Está programada una segunda planta de bombeo, también de 40 m³/seg.

Para una mejor comprensión del sistema que maneja los volúmenes de aguas residuales y los escurrimientos pluviales en la ZMVM, se presenta en el anexo 3 un cuadro donde se observa a detalle el funcionamiento de cada cuenca de aportación hidrológica.

Saneario y medioambiente. El tratamiento de las aguas residuales es, quizás, uno de los mayores retos que tienen las autoridades federales, estatales, municipales y la sociedad en general. El retraso y descuido que

7 Ver *Plan Maestro de Drenaje de la ZMCM 1994-2010*. DGCOH.

tradicionalmente han mantenido las autoridades en este rubro es alarmante ya que en la ZMVM menos del 15% de las aguas residuales se somete a algún proceso de saneamiento.⁸

Lo anterior es resultado de la poca infraestructura existente, en número de plantas de tratamiento, y la inadecuada y costosa operación de las mismas que se refleja en el bajo nivel de aprovechamiento de la capacidad institucional instalada (no se tiene el registro a nivel privado, pero no se estima significativo), ya que teniendo la ZMVM una capacidad instalada de 10,4 m³/seg (6,9 en el D. F. y 3,5 m³/seg en el Estado de México), únicamente se regeneran 4,9 m³/seg, lo que quiere decir que del volumen de descarga final en estiaje, a través del Sistema Principal de Drenaje, estimado en un máximo de 44 m³/seg, solo el 11% del total es tratado adecuadamente, para alguna reutilización útil, sea industrial, riego de áreas verdes, lavado de autos, entre otros.

Para cumplir con una norma universal de saneamiento, y después de varios años de revisar los proyectos, recientemente quedó aprobada la decisión de iniciar la construcción de un conjunto de cuatro plantas de tratamiento, con una capacidad global de 49 m³/seg, que permitirán evacuar libre de contaminantes las aguas residuales de la ZMVM.⁹ Este proyecto está asociado al saneamiento del río de los Remedios y será coordinado por la CNA.

Sin embargo, para los agricultores de los distritos de riego, 100 en el Estado de Hidalgo y tres del Estado de México, recibir aguas crudas, enriquecidas en materia orgánica, ha sido altamente provechoso, aunque existen mediciones y registros oficiales que indican los efectos contaminantes en los productos y en los acuíferos locales.

Resolver este problema asociado a la producción de aguas residuales es una acción que exigirá coordinación metropolitana y voluntad política de las autoridades estatales y municipales involucradas, conjuntamente con los afectados o beneficiarios por la recepción de las aguas residua-

8 *Fideicomiso de estudios estratégicos sobre la Ciudad de México*, 2000: 128.

9 Para cumplir con la NOM-001-ecol-1956, se proyectaron las macroplantas Tecamac, Nextlalpan, Coyotepec y El Salto, con una capacidad global de tratamiento de 49 m³/seg. El inicio de su construcción está previsto en 2009.

les no tratadas. En el anexo 4, se presenta el capítulo del Programa de Ordenamiento de la Zona Metropolitana (POZM) referente a los recursos hidráulicos. Allí ya se establecen acciones de carácter metropolitano que son urgentes y necesarias para mejorar este rubro, pero que en la práctica pocas se aplican.

Otro aspecto que afecta seriamente el futuro de los recursos hídricos de la ZMVM es la infiltración de aguas contaminadas al acuífero, donde se desconoce el volumen infiltrado por roturas y fallas de la infraestructura de las redes de drenaje en operación. La infiltración desde la superficie se ha venido dando progresivamente con el crecimiento de la masa urbana, pues el manejo inadecuado de la basura, tradicionalmente dispuesta en tiraderos al aire libre, sin ningún control tecnológico, ha generado una alta producción de lixiviados altamente tóxicos, que se mezclan con las aguas del subsuelo.¹⁰ Igual sucede con las descargas directas a barrancas o cauces, realizadas por la población asentada en zonas marginadas. Los efectos de este fenómeno ya son alarmantes y comprobables en los análisis de las aguas extraídas en pozos aledaños a las zonas críticas. Intervenir para corregir y sanear el subsuelo de las zonas afectadas requiere, igualmente, de una acción metropolitana decidida y coordinada.

Balance oferta-demanda: consumo actual determinado por la oferta frente a una dotación teórica de satisfacción. Consecuencias en las proyecciones y acciones de política con incidencia en la ZMVM

Análisis de demanda frente oferta bruta. Para satisfacer la necesidad de agua potable de la población en la ZMVM, censada para 2005 en 17.642.471 habitantes (8.720.916 habitantes en el D. F. y 8.921.555 habitantes en los 17 municipios del Estado de México, incluidos en este capítulo), se inyectó (cuadro 4) a la red primaria de agua potable de los diferentes operadores un promedio de 59,65 m³/seg. El cuadro 4 presenta los valores obtenidos para 2007.

10 Casos donde se han cuantificado y calificado los efectos contaminantes son los del ex tiradero de Santa Fe y el de Santa Catarina, en el D. F., pero existen múltiples tiraderos a cielo abierto en los municipios del Estado de México.

Diversas mediciones realizadas por instituciones de investigación y oficiales¹¹ coinciden que la distribución sectorial del consumo es en promedio, para el D. F., de 74% al sector residencial y 26% para el sector servicios-comercial-industrial, y en el Estado de México es del 80% en el sector residencial y 20% para el sector servicios-comercial-industrial.

Cuadro 2. Origen y volumen de agua inyectada a la Red Primaria de la ZMVM 2007

	D. F.	Estado de México	Total	Poncentaje
Fuente	m ³ /seg	m ³ /seg	m ³ /seg	
Agua subterránea total	21,51	22,6	44,11	74,0
Valle de México	17,60	20,8	38,14	64,0
Valle de Lerma	3,91	1,8	5,71	10,0
Agua superficial	10,74	4,8	15,54	26,0
Sistema Cutzamala	9,72	4,1	13,82	23,0
Río Magdalena	0,20	—	0,20	—
Presa Madín	—	0,5	0,50	—
Manantiales	0,82	0,2	1,02	2,0
Total inyectado al sistema	32,25	27,4	59,65	100,0

Lamentablemente no se pudo obtener información confiable para los municipios del Estado de México, por lo que el desarrollo del análisis y planteamiento de acciones, siendo válido y extrapolable para toda la zona en estudio, se hará con base en los datos recabados para el D. F., mencionando aquellos casos donde existan datos confiables para la zona conurbada al D. F.

Las pérdidas en los sistemas de conducción y distribución son el “talón de Aquiles” de todo organismo operador. A escala nacional sobrepasa el 40% las pérdidas por fugas en las redes de agua potable. La ZMVM no es excepción y en algunas delegaciones del D. F. y algunos

11 *Plan Maestro de Agua Potable del Distrito Federal 1997-2010: 2-13 y El agua y la Ciudad de México, 1995. Academia de Investigación Científica, Academia Nacional de Ingeniería, Academia Nacional de Medicina: 94.*

de los municipios del Estado de México puede sobrepasar por mucho, la media nacional. En el D. F., se desarrolla una campaña de localización y reparación de fugas, que aparentemente ha reflejado resultados positivos, aunque con los procedimientos aplicados el costo-beneficio debe revisarse.

Para llegar a resultados con cierto grado de credibilidad se muestra un ejercicio con base a cifras oficiales que pretende proponer, en el último apartado, un replanteamiento de la política hidráulica para la ZMVM, quizás aplicable a otras áreas urbanas del país. El cuadro 3 resume pasado, plazo inmediato y horizonte 2025 para el ejercicio de planeación hidráulica.

Para el D. F., la instancia responsable en el SACM de medir y facturar el consumo domiciliario residencial, comercial-servicios e industrial registra, para la medición y facturación en delegaciones centrales, valores promedio no mayores a los 150 l/h/día. Sin embargo, para fines del cuadro 3, para 2005 se toma como base de cálculo los 180 l/h/día que menciona el Plan Maestro de Agua Potable del D. F., y para 2010 se adoptan los 150 l/h/día, teóricos o deseables del presente estudio. Para el horizonte 2025 se propone un consumo promedio de 120 l/h/día, alcanzable al aplicar las acciones sugeridas.

	Unid.	2005		2010		2025	
		D. F.	Estado de México	D. F.	Estado de México	D. F.	Estado de México
Población, consumo	MHab	8.720,9	8.921,5	9.001,0	9.923,0	9.622,0	12.818,0
Residencial	lt/h/d	180,0	150,0	160,0	140,0	120,0	120,0
Residencial	lt/seg	13.444,7	12.391,1	12.334,7	12.863,1	9.889,3	14.242,2
Ind/Ser/Com	lt/seg	4.723,9	3.097,7	4.333,8	3.215,8	3.474,6	3.560,5
Pérdidas	lt/seg	14.481,4	10.511,2	12.740,7	11.421,1	2.405,5	4.450,7
Oferta total	lt/seg	32.650,0	26.000,0	29.409,2	27.500,0	15.769,4	22.253,4

Nota 1: Cuadro construido por el autor con base en información diversa y cálculos propios.

Nota 2: El supuesto en el cuadro es que el 100% de la población tiene servicio.

Si lo anterior es válido, y lo es, teóricamente el D. F., para 2010, requeriría menos de 13 m³/seg para satisfacer la demanda neta de agua potable del sector residencial, más 4,3 m³/seg para los sectores industrial, comercial y servicios, que frente a los 30 m³/seg inyectados a la red, deja un nivel del orden del 43% de pérdidas, valor que refleja una subestimación de los niveles reales de fugas. En el anexo 5 se presentan mapas del D. F., elaborados para el Plan Maestro de Agua Potable, donde el primero (figura 5a) muestra la dotación aritmética del agua potable y el segundo las Isobaras (figura 5b), con lo que al confrontar ambos mapas determinan la estrecha relación de las zonas de mayores fugas con la presión en la red.

Extrapolando los supuestos para un cálculo en los 17 municipios del estudio, pero tomando 140 l/h/día, debido a que la estructura socioeconómica de la población aconseja un menor consumo neto de agua potable per cápita, y aceptando la estructura de consumo donde un 80% es destinado al sector residencial, se obtiene que, para 2010, la demanda residencial neta de agua potable en la zona, tomando en cuenta que solo el 94% de la población tuvo servicio de agua potable, sería de 12,863 m³/seg. Si se suma el estimado de consumo global bruto de los sectores industria, comercial y servicios, estimada en 3,21 m³/seg, se tiene que los 17 municipios del Estado de México, incluidos en el presente estudio, demandarían solamente 16,1 m³/seg, contra los 27,5 m³/seg que se estima serían inyectados a la red, lo que representa un nivel de pérdidas del orden del 42%. Estos valores deben ser revisados con mayor y mejor información.

Proyectando a 2025, bajo supuestos estructurales de consumo donde la industria y los servicios y comercio disminuyen su participación por desarrollo tecnológico (incluyendo reutilización de agua tratada) y, de igual manera, el consumo neto de agua potable en el sector residencial descende a 120 l/h/día en el D. F. y en el Estado de México, lo que en promedio son valores altamente probables de tomarse las medidas necesarias; así se tendría que globalmente en la zona de estudio –presuponiendo que el 100% de la población beneficiada del servicio de agua en red– la demanda residencial neta de agua potable en la ZMVM sería de

24,1 m³/seg y la demanda industria-comercio-servicios neta sería de 7 m³/seg. Esto es, una demanda neta conjunta de 31,1 m³/seg.

Si consideramos todavía el nivel de pérdidas en 15% para el D. F. y 20% para el Estado de México, la demanda bruta de agua potable sería de 38,0 m³/seg en la ZMVM. En 2007, la oferta bruta de agua en bloque fue de 62,2 m³/seg en la misma área.

Mejorar el balance oferta-demanda de agua potable en la ZMVM es un objetivo asociado a la acción de coordinación metropolitana. Tres son las áreas donde hay que trabajar: i) minimizar el porcentaje de fugas; ii) establecer una política inductiva y el marco jurídico adecuado para favorecer el uso racional del agua potable y el reciclamiento de agua tratada en procesos industriales y unidades habitacionales; iii) construir, bajo programas oficiales o privados, plantas de tratamiento de aguas residuales en todo proyecto de desarrollo urbano e industrial y servicios, particularmente hoteles, hospitales y edificios comerciales y en todos los edificios que han sustituido, en diferentes partes de la ciudad, a las antiguas viviendas unifamiliares; iv) establecer una escala tarifaria progresiva al consumo que permita la sustentabilidad de los organismos operadores, asegurando un servicio eficiente y moderno.

Aplicando bajo una coordinación metropolitana las líneas de política señaladas, se puede augurar que con una adecuada administración municipal de la operación hidráulica el suministro de agua potable está asegurado, claro que bajo un desarrollo urbano planificado y ordenado.

Pérdidas en la red por fugas. Son múltiples los factores que intervienen en el fenómeno de la existencia de fugas en las redes de distribución de agua potable. Prácticamente todas las grandes metrópolis señalan la existencia de pérdidas en distribución, que según las ciudades de que se trate, van de un mínimo porcentaje a más de la mitad del volumen de agua potable inyectado a las redes.

Actualmente la tecnología de conducción de fluidos a través de conductos tubulares (hierro fundido dúctil, PVC, polietileno de alta densidad, entre otros), ofrecen alto grado de confiabilidad, incluso ciudades como Tokio han adoptado un material único, el hierro fundido dúctil,

por su alta confiabilidad y hermeticidad ante los sismos que frecuentemente sacuden al país.

De otra parte, se tiene el caso de la Ciudad de México, donde la utilización de ciertos materiales es directamente proporcional al porcentaje de pérdidas en red (ver anexo 6), pero dentro de este muestrario es sobresaliente el hecho que al reconstruir la infraestructura del centro histórico, durante 2004 y 2005, se encontró que las tuberías de hierro fundido, instaladas entre 1910 y 1920, seguían operando sin presentar fugas y las autoridades decidieron dejarlas en funcionamiento.

Frente a los casos presentados, se tiene un material más universal, como lo es el polietileno de media y alta densidad que nos permite hacer una comparación entre el comportamiento de la distribución del agua potable y la distribución del gas natural.

Ciudades donde la cobertura de los servicios utilizando el polietileno es de uso común, presentan niveles de fugas en las redes de agua potable entre el 10% y 15% del volumen total, mientras que la red de distribución de gas natural no presenta siquiera el 1% de pérdidas por fugas. La explicación es fundamentalmente técnico-económica, asociada al costo del agua y del gas natural, independientemente del concepto seguridad inexistente en el agua, donde para el caso del agua potable el nivel de pérdidas refleja el “punto de equilibrio” frente a una inversión marginal para minimizar pérdidas, mientras que para el gas natural es simplemente factor operativo.

Para el caso de México, y particularmente la ZMVM, los niveles de pérdidas están asociados a factores físicos (anexo 7) (antigüedad y materiales obsoletos o inadecuados en redes y acometidas domiciliarias, geotecnia y sismicidad, entre otros), de operación (ineficiente control de presiones en red por falta de equipo e instrumentos) y, más recientemente, deficiente aplicación de la tecnología del polietileno de alta densidad, particularmente en el proceso de termofusión.

La reflexión obligada, de ser válido el análisis arriba sustentado es: ¿necesita la ZMVM volúmenes externos adicionales para hacer frente a la demanda futura?, ¿qué se requiere en inversión y coordinación metropolitana para disminuir el nivel de pérdidas a un porcentaje que refleje

el valor de escasez del agua o del volumen marginal importado de fuentes externas?

Como ejemplo fallido puede presentarse el caso del proyecto Temascaltepec (distante 140 km de la ZMVM), que por problemas sociales no pudo realizarse. El proyecto contemplaba traer a la ZMVM 5 m³/seg a un costo de más de \$ 1.000 millones, esto es, alrededor de \$ 200 millones por m³. En contrapartida, construir 1.000 km de redes de distribución y 150 mil acometidas, en sustitución a las existentes, ya obsoletas, representa una inversión aproximada de \$ 100 millones, asegurando con ello el principio “cero fugas”.

De realizarse un proyecto así en las delegaciones donde se concentra el 50% de las fugas,¹² implicaría dejar de desperdiciar volúmenes en un rango de 1,5 a 3 m³/seg, lo que habla de la rentabilidad de tal estrategia. Incluso, de realizarse conjuntamente con la construcción de la red de distribución de gas natural, los costos de construcción se reducirían de un 40% al 50%, pero ello implica una acción coordinada con las empresas permisionarias de la distribución de gas natural (esto es válido igualmente para los municipios conurbados).

Fugas “después del medidor”. Las pérdidas por fugas al interior de los inmuebles, fábricas o instalaciones de servicios (hoteles, hospitales, entre otros), no son fácilmente medibles, y sin embargo son tanto o más importantes que las fugas en red.

En el D. F., la entonces Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH), lanzó a principios de los años noventa un programa que se denominó Programa de Uso Eficiente del Agua,¹³ que buscaba crear conciencia en la población de la necesidad de utilizar racionalmente el agua. La principal acción de este programa fue la sustitución de más de un millón de cajas de WC que contenían 20 litros, por un nuevo modelo de seis litros de capacidad.

Puede decirse que el proyecto fue exitoso, pero lamentablemente se fue diluyendo con el tiempo y hoy ya no existe, lo que abortó una buena

12 Ver *Plan Maestro de Agua Potable del D. F. 1997-2010*: 2-18.

13 Ver *Memoria del programa de uso eficiente del agua*, 1994.

iniciativa, aunque incompleta, ya que debe promoverse la aplicación de nuevas tecnologías “ahorradoras de agua” ya existentes en el mercado, quizás induciendo su cambio con incentivos fiscales.

Para dimensionar el fenómeno de las “fugas después del medidor”, hay que referirse al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), que en un informe interno cuantificaba que por cada dos fugas externas (red o acometida) existía una dentro del domicilio.

En realidad, la probabilidad de encontrar fugas intradomiciliarias es muy alta, ya que por instalación existen más de 11 puntos susceptibles de generar fugas, sin contar con frecuentemente los usuarios dejan correr el agua por descuido o por falta de conciencia.

No hay elementos para estimar un volumen de pérdidas, pero en una acción de planeación como la que representa este trabajo, es imperativo contemplar medidas que busquen concientizar a la población para lograr un uso eficiente y racional del agua, ello independientemente de la inducción al ahorro vía tarifas.

El acuífero de la ZMVM. Obstáculos y condiciones para su recarga natural y artificial. La importación de agua potable de cuencas externas. Pasado, presente y futuro

El acuífero de la ZMVM. La explotación del acuífero del Valle de México se inició con el aprovechamiento de aguas subterráneas en la ciudad de México hacia la mitad del siglo XIX. Para fines del mismo Siglo XIX la historia registra la existencia de más de mil pozos artesianos (someros). Desde entonces, el crecimiento urbano y su consecuente demanda de agua fue presionando hasta agotar los manantiales naturales del sur y sur-poniente de la ciudad y, progresivamente, recurrir a la perforación de pozos profundos para dotar de agua a la población.

Como consecuencia de la extracción de agua del acuífero, la Ciudad de México empezó a resentir los efectos en su subsuelo por compactación de los estratos arcillosos, y desde 1895 se registraron hundimientos de 5 cm en el centro de la ciudad. Los años cuarenta del siglo pasado

marcan el inicio de una progresiva e intensiva explotación del acuífero: por primera vez se perfora un pozo de 200 m de profundidad en 1944.

La década de los años cincuenta marca en definitiva que el hundimiento del suelo está asociado con la extracción de aguas del subsuelo, lo que motivó que se dejara de perforar en el centro de la ciudad y establecer la explotación del acuífero perforando pozos profundos hacia el sur-sureste del Valle de México, zonas que, junto con el nororiente, son donde hoy se presentan los mayores hundimientos diferenciales.

Asociado al efecto de la extracción de agua del subsuelo, el avance de la mancha urbana ha cubierto aceleradamente vastas zonas de recarga natural al acuífero y actualmente la mancha urbana de la ZMVM cubre 1.300 km², de los cuales 670 corresponden al D. F. Se estima que anualmente el área urbana crece un 30% lo que implica que se ha perdido una capacidad de recarga de aproximadamente 156 millones de m³ por año, lo que equivale a perder un flujo continuo equivalente a 5 m³/seg.

Para revertir este fenómeno es urgente la aplicación de medidas correctivas como: el manejo hidráulico de micro cuencas,¹⁴ estableciendo incentivos fiscales-ecológicos en acciones locales, la reinyección artificial de aguas tratadas al acuífero, incrementar en un 150% la capacidad de las lagunas y presas de regulación, establecer con obligatoriedad la construcción de drenajes pluviales que faciliten su reinyección y, sobre todo, impedir que la mancha urbana continúe su invasión de las áreas de reserva ecológica, vital para asegurar la recarga natural a los acuíferos de la ZMVM.

Fuentes externas. La importación de agua potable de cuencas externas al área metropolitana del Valle de México, se inicia en 1954 con la explotación del acuífero de Lerma, constituyéndose el Sistema Lerma que es operado por el gobierno del D. F. a través, primero de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) y, ahora, por el Sistema de Agua de la Ciudad de México (SACM).

14 Sobre el particular son referencia los trabajos realizados bajo los auspicios de la Secretaría de Medio Ambiente, del Gobierno del D. F. y de FAO en las zonas de montaña de Xochimilco por la Fundación Agua y Medio Ambiente. Proyecto *Manejo de microcuencas en zonas de montaña del área de Xochimilco 2000-2002*. SMADF-FAO-FAMAAC.

En la década de los años setenta, por el importante crecimiento de la Urbe se presentan los primeros síntomas de crisis en el abastecimiento de agua potable a la ciudad. En 1972 se crea la Comisión de Aguas del Valle de México (CAVM) con el objetivo de programar, proyectar, construir y operar las obras necesarias para aprovechar los recursos hidráulicos en la cuenca del Valle de México e importar, de cuencas externas, el excedente de caudales, para satisfacer la creciente demanda de agua en la capital del país.

La cuenca seleccionada fue el Sistema Cutzamala, proyectándose su construcción, para alcanzar un volumen total de 19 m³/seg en tres etapas: la primera, para terminarse en 1982, captaría 4 m³/seg de la presa Villa Victoria; la segunda, a integrarse al sistema en 1988, captaría 6 m³/seg de la presa Valle de Bravo y la tercera etapa proyectada para concluirse en 1993 incluiría 8 m³/seg tomados del vaso Colorines, quedando de reserva 1 m³/seg de la presa Chilesdo. Actualmente el Sistema Cutzamala entrega a la ZMVM un promedio diario de 14 m³/seg.

Si en el futuro se mantuviera la tesis de importar volúmenes adicionales de agua al Valle de México, ello no sería posible sin tomar en cuenta la interacción con los poseedores de derechos en cuencas externas, donde la base de cualquier negociación debería ser respetando el indiscutible derecho de los poseedores del agua, tomando para la exportación solamente los excedentes reales de su cuenca, pero en lugar de destinarse únicamente a incrementar la oferta en la ZMVM, tenga como fin alternativo la recarga a los acuíferos sobreexplotados, ya que la demanda de satisfacción debería ser cubierta con las acciones que lleven a un consumo real de 120 l/h/día.

Las aguas usadas, manejo y desalojo a cuencas o cuerpos de agua externos. Interrelación con los usuarios del agua usada en cuencas aguas abajo

Como en el punto anterior, la problemática con usuarios de cuencas externas debe reorientarse, ya que aquí el manejo de aguas negras o tra-

tadas afecta o beneficia localmente y no existe un debido equilibrio ni se ha establecido una política al respecto. En particular, la ZMCM importa volúmenes de la cuenca del Golfo de México y las expulsa a la cuenca del océano Pacífico, entregando aguas en zonas de riego del Estado de México y de Hidalgo, donde ya se ha creado una reserva de agua en el subsuelo que debe ser valorada.

Planteamiento de acciones al horizonte 2025

De cumplirse el POZMVM, para el horizonte 2025 se podrá observar otra sociedad, en lo que al agua se refiere. Primeramente las acciones desarrolladas en materia de geohidrología, fiscalización, infraestructura y concientización del valor de escasez del recurso, permitirán que se alcancen objetivos en cuanto a consumo per cápita de alrededor de 120 l/h/día, o recuperar capacidades de recarga al acuífero por acciones de manejo ecológico de las cuencas y microcuencas, que incluye que el desarrollo de la mancha urbana se haga planificadamente (los servicios antes que el avance urbano) y en zonas donde geológicamente no son de recarga al acuífero.

Lo anterior implicaría reorientar las tendencias históricas de la problemática hidráulica de la ZMVM, las cuales han sido brevemente analizadas en este trabajo y que pueden resumirse en las siguientes:

- Sobredemanda de agua potable que obliga a sobreexplotar el acuífero, causando deterioro geológico, reflejado en los hundimientos diferenciales y en agrietamientos en zonas críticas.
- Inequidad en la distribución del recurso y rezagos en mantenimiento y construcción de infraestructura hidráulica.
- Ausencia de una estrategia clara de tratamiento y reutilización de aguas residuales en las zonas urbanas.
- Falta de una coordinación efectiva entre las instancias federales, estatales y municipales-delegacionales, a pesar de la voluntad manifiesta en el POZMVM (anexo 4).
- Seccionamiento en la distribución y tarifas diferenciadas.

Para lograr acercarse a los objetivos pretendidos se debe establecer la estructura de acción necesaria. Dicha estructura se contempla en tres niveles de acción, todos ellos interrelacionados entre sí.

Un primer nivel es la coordinación metropolitana, particularmente necesaria en las actividades que cruzan los servicios de municipios y delegaciones. Sobre el particular, hay que revisar las bases de funcionamiento de la actual Comisión Metropolitana de Agua (CMA), así como su estructura, ya que es imprescindible la integración de representantes de CNA y del Estado de Hidalgo, hoy no representados.

Igualmente se debe transformar la CMA en un ente con capacidad ejecutiva, para que las decisiones tomadas en esta instancia tengan el carácter de obligatoriedad para las instancias operativas, sean estas estatales, municipales o privadas.

Un segundo nivel es la eficientización y sustentabilidad económico-financiera de los organismos operadores estatales SACM, CAEM, entre otros, quienes reciben de la CNA el agua en bloque y con quienes interactúan en el Sistema de Drenaje.

Por último, un tercer nivel con los organismos operativos a escala municipal y delegacional, y quizás incluir igualmente a los organismos privados que se vayan integrando a los servicios de tratamiento y comercialización de aguas tratadas.

En cuanto administración del recurso

Este aspecto tiene que ver con la equidad en el servicio ya que, actualmente, la disparidad existente entre los usuarios que más consumen y los que carecen prácticamente del servicio, está asociada con una administración de la infraestructura y del servicio que, en gran medida, es el origen de la disparidad.

Para hacer frente al problema, es necesario cumplir con la modernización de la infraestructura, donde las nuevas redes de distribución, el almacenamiento y regulación en tanques y la administración por secciones físicas de servicio, sean reguladas con la tecnología moderna apropiada.

da, lo que llevará a optimizar el recurso y alcanzar una distribución equitativa del mismo.

De igual forma es preciso regular la indiscriminada compra de concesiones para extracción de agua para uso agrícola por parte de industriales y fraccionadores que, a raíz de la desaparición del régimen ejidal, aunado a una ausencia de marco jurídico y normatividad, hace inviable la instrumentación de políticas de desarrollo urbano y de reutilización de agua tratada para procesos industriales o comerciales.

En cuanto a definición política en la gestión del agua

Ante todo, el recurso agua debe ser reconocido como un bien público y como tal, debe llegar a todos los pobladores de la ZMVM. Por ello, las autoridades gubernamentales deben contemplar, si ello fuera necesario, subsidios cruzados transparentes, donde los consumidores mayores cubran, por medio de una tarifa estratificada con base en el consumo, el diferencial de los costos de los consumidores de menor ingreso.

Sin embargo, es claro que el balance tarifario debe reflejar y cubrir satisfactoriamente los costos integrales de entregar el recurso en los domicilios de los consumidores. Es imperativo reconocer y aceptar cubrir el valor del agua como recurso escaso.

En cuanto a preservar el recurso bajo conceptos ambientales y de escasez

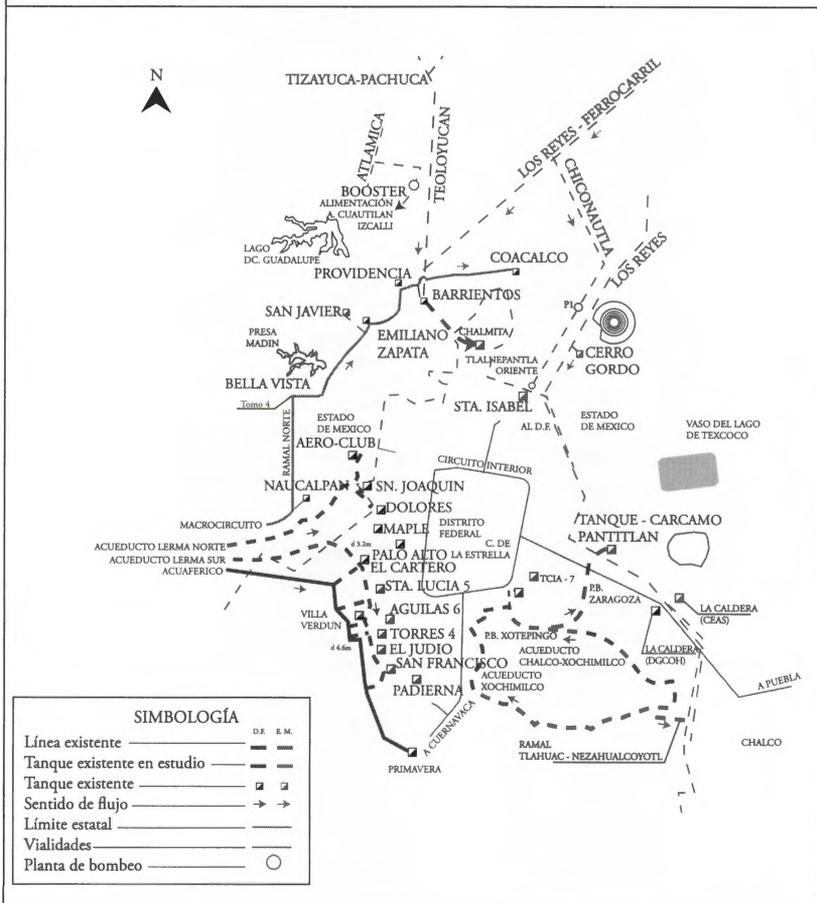
Lograr orientar una política hidráulica hacia la construcción de consensos para una nueva cultura del agua debe ser una acción coordinada a nivel metropolitano y aplicada geográficamente en toda la ZMVM.

Constituir un Instituto Metropolitano del Agua puede ser de utilidad, sobre todo coordinando acciones con el Instituto Mexicano Tecnológico del Agua (IMTA). Las actividades que podría desarrollar serían todas aquellas que induzcan a un mejor y racional aprovechamiento de

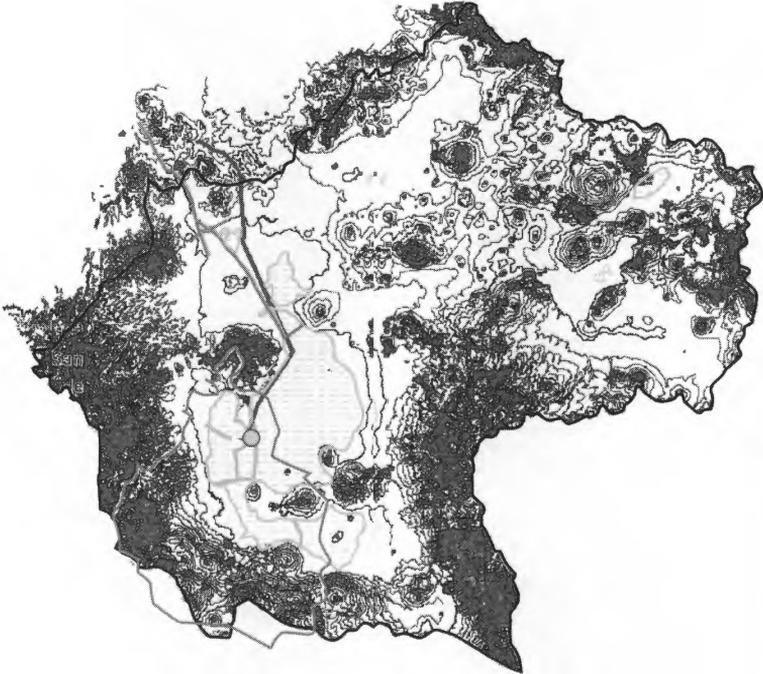
los recursos hidráulicos que serán necesarios para el bienestar de la población de la ZMVM, dentro del marco de un desarrollo urbano programado y fundamentado en el equilibrio que da la disponibilidad de los recursos básicos, como el agua.

Anexos

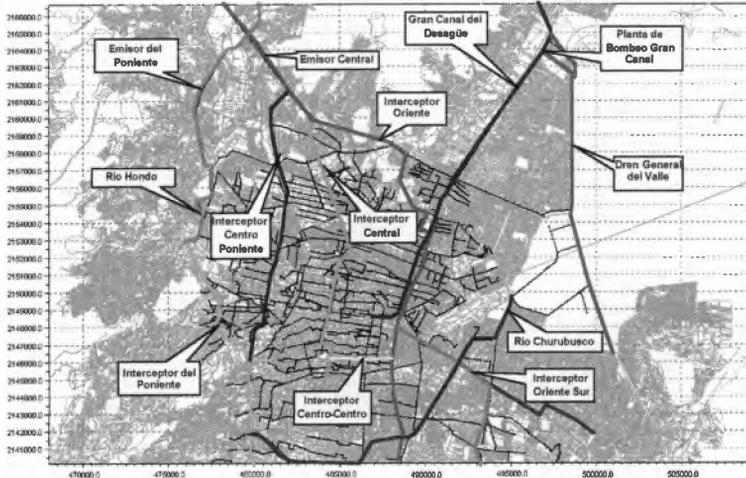
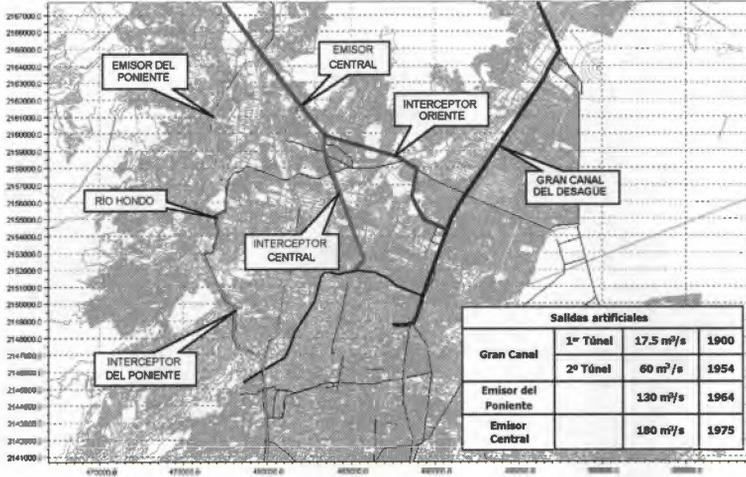
Anexo 1a. Conducciones para entrega de agua en bloque. Condición actual, Plan Maestro de Agua Potable, 1997-2010



Anexo 2a. Historia del drenaje de la cuenca del Valle de México



Anexo 2b



Anexo 3. Cuencas de aportación al sistema de estudio en época de lluvias

Elemento principal del sistema	Conducto o estructura de descarga	Afluente categoría 2	Afluente categoría 3	Cuenca
Gran Canal D. F.	PB 1 y 1A			Planta de Bombeo 1 y 1A
	PB 2	Colector Churubusco	Río de la Piedad	Planta de Bombeo 2
				Canela
				Año de Juárez
				Tezontle Poniente
				Colector 14
				Gabriel Mancera
				Prolongación Río Tacubaya Sur
				Sindicalismo Norte
				Tonalá
				Planta de Bombeo 3
	PB 3			Planta de Bombeo 3
	PB 4A			Planta de Bombeo 4A
PB 5A			Planta de Bombeo 5A	
PB 6			Planta de Bombeo 6	
PB 6A			Planta de Bombeo 6A	
PB 7			Planta de Bombeo 7	
PB Pozo Indio			Planta de Bombeo Pozo Indio	
PB 8			Planta de Bombeo 8	

(continuación anexo 3)			
Gran Canal E.M	Río de los Remedios	Río de los Remedios	
	Río Talnepantla Río San Javier	Río Talnepantla Río San Javier	
Canal de la Draga	Red Primaria Xalostoc	Xalostoc	
	Red Primaria Santa Clara	Santa Clara	
	Dren General del Valle	Río de la Compañía	Río de la Compañía
		Xochiaca	Xochiaca
		Chimalhuacán I	Chimalhuacán I
		Chimalhuacán II	Chimalhuacán II
		Dren Perimetral	Dren Perimetral
		Planta de Bombeo Lago	Prolongación Magdalena
			Colector 22-24
			Iztaapaapa 2 Norte
	Zaragoza Norte		
	Churubusco-Zaragoza		
	Lateral Río Churubusco		
Planta de Bombeo Gran Canal			
Túneles de Tequixquiac	Gran Canal del Desagüe	Chiconautla	
		Cartagena	
		Ozumbilla	
		Tultepec	
		Jaltenco	
		Teobyucan	
Túneles de Tequixquiac			

Anexo 4. Programa de ordenamiento de la zona metropolitana del Valle de México

Capítulo VI. Infraestructura hidráulica

- Coordinación intersectorial para planificar regional e integralmente el aprovechamiento y conservación de los recursos acuíferos y para la operación conjunta del sistema hidráulico del Valle de México.
- Vinculación de la planificación de los recursos hidráulicos con la planificación urbana y los programas de ordenamiento ambiental.
- Consideración de las prioridades definidas en materia de desarrollo urbano en la operación y administración de las infraestructuras hidráulicas y en la prestación de los servicios.
- Autosuficiencia financiera de los organismos operadores de agua potable, mejoramiento de la comercialización y reestructuración del sistema tarifario que considere precios diferenciales y subsidios cruzados.
- Programa permanente de identificación y reparación de fugas en las redes desabastecimiento.
- Incorporación de sistemas de medición en tiempo real de los caudales de los acueductos, tanques de almacenamiento y de regulación.
- Monitoreo y control conjunto entre el Estado de México y el Distrito Federal de las descargas al drenaje que puedan contener sustancias tóxicas o peligrosas.
- Programas permanentes de mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones hidráulicas.
- Ampliación de la infraestructura para la captación, aprovechamiento y desalajo de las aguas pluviales y combinadas, en particular, aumentar la capacidad de regulación de los caudales de las aguas pluviales y residuales mediante la construcción de lagos de almacenamiento.
- Rehabilitación de las infraestructuras y equipos del sistema dando prioridad a los grandes drenes, la rehabilitación de presas, el desazolve y la nivelación de bordos.
- Definición e instrumentación de soluciones alternativas de saneamiento para las zonas que carecen de drenaje.
- Control de las fuentes contaminantes y aumento de las aguas de reuso mediante infraestructuras hidráulicas de depuración mancomunadas entre los municipios metropolitanos y las delegaciones del Distrito Federal.
- Renovación tecnológica de las plantas depuradoras y construcción de nuevas instalaciones con procesos avanzados para abarcar un mercado más amplio y destinar mayores caudales a la recarga del acuífero.
- Tratamiento de aguas negras con el propósito de eliminar patógenos para proteger la salud de la población de la zona de descarga y riego con aguas servidas, así como para levantar las restricciones a los cultivos en beneficio de la economía local.
- Elaboración de programas para la atención de acciones emergentes como la escasez en el estiaje, la operación del sistema en casos de contaminación, sismos, carencia de energía e inundaciones.
- Actualización de la legislación y la normatividad urbana para promover el uso racional del agua.
- Promoción de la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan un uso más racional del agua, a menores costos económicos y energéticos, y con las menores repercusiones sobre el ambiente.
- Estudios hidráulicos para la zona oriente del Estado de México.

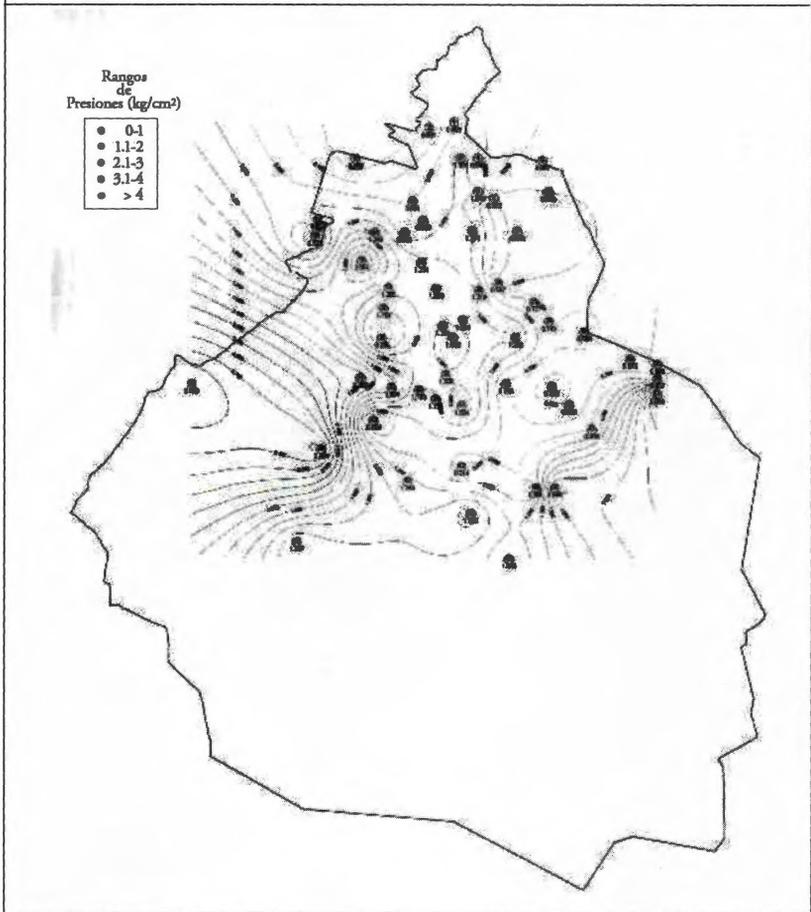
Obras hidráulicas

- Terminación del acuaférico, en su porción sur-oriente y nororiente del Valle de México.
- Construir el interceptor del río de los Remedios, con una longitud de 10 km, 5 m de diámetro y capacidad de 80 m³/s.
- Ejecutar las obras del interceptor Dren General del Valle de México, en la laguna Casa Colorada, con longitud de 6,6 km, 5 m de diámetro y capacidad de 40 m³/s.
- Construir el emisor del poniente, Vaso de Cristo, con una longitud de 13,7 km y un caudal de 60 m³/s.
- Realizar la rectificación del río de los Remedios para incrementar la capacidad de conducción en 20 m³, en una longitud de 7,2 km.
- Rectificar el Dren General del Valle, en una longitud de 4 km, con una capacidad de conducción de 54 m³/s.
- Construir la laguna de regulación El Fusible, en la margen del río Churubusco, con superficie de 37,6 ha y capacidad de 0,6 millones de m³.
- Construir la laguna de regulación Casa Colorada, en el Dren General del Valle, con superficie de 366 ha y capacidad de 5 millones de m³.
- Construir las Plantas de Tratamiento: 1) Texcoco Norte, con capacidad de 44 m³/s, para captar los escurrimientos del gran canal y el Dren General del Valle de México. 2) Coyotepec, para los escurrimientos del Emisor Poniente. 3) El Salto para los escurrimientos del Emisor Central. 4) Nextlalpan, para captar los escurrimientos del drenaje de la zona de Zumpango.
- Instalar en el Municipio de Ecatepec, redes primarias y secundarias, de drenaje pluvial semi-profundo y de la línea de conducción, tramo Coacalco tanque Cerro Gordo.
- Introducir, en el Municipio de Ixtapaluca, la línea de conducción, en el tramo Tanque Cerro Gordo-Tanque La Ladera.
- Ampliación y rehabilitación del sistema de agua potable del sudeste del Estado de México.
- Sistema de abastecimiento de Temascaltepec.

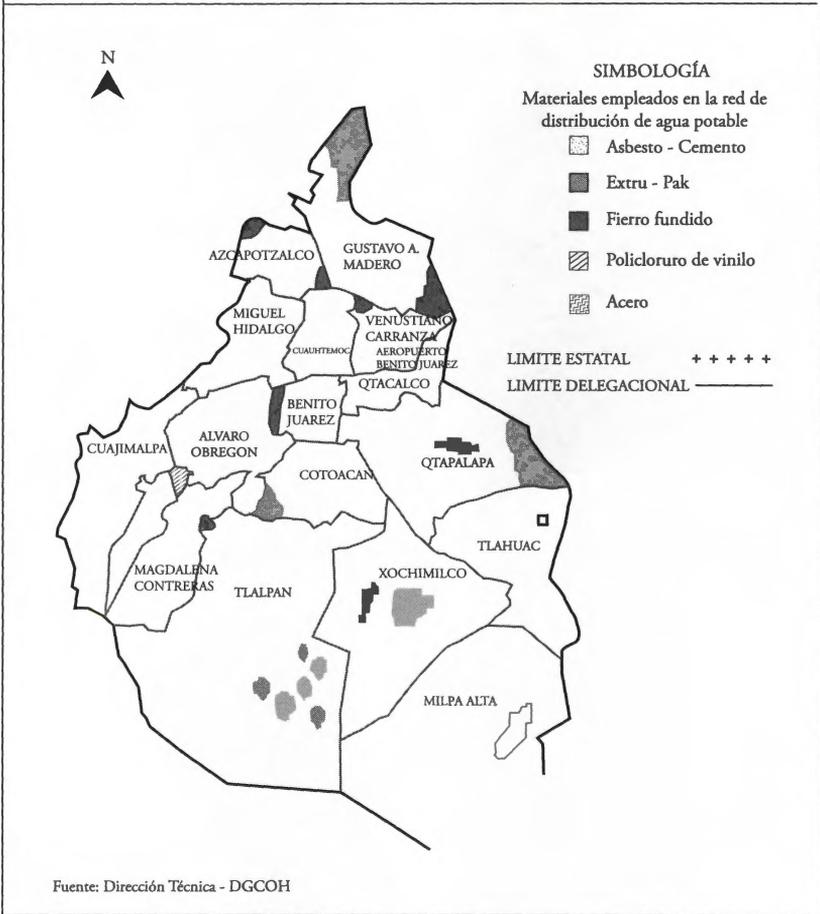
Figura 5a. Distribución espacial de la dotación en el Distrito Federal, Plan Maestro de Agua Potable, 1997-2010



Figura 5b. Isobaras anual de 2002-11-15, automatización y medición



**Anexo 6. Material de las tuberías,
Plan Maestro de Agua Potable, 1997-2010**



Anexo 7. Análisis de fallas por fugas con materiales en red de hundimientos, 1983-1994. Plan Maestro de Agua Potable, 1997-2010

