



MONOGRAFÍA DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL VALLE DE MÉXICO

Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México
Dirección Técnica
2018



CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

**MONOGRAFÍA DEL SISTEMA DEL DRENAJE
DEL VALLE DE MÉXICO**

Organismo de Cuenca
Aguas del Valle de México

INTRODUCCIÓN

En el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP 21), celebrada en noviembre y diciembre de 2015 en París, Francia, la SEMARNAT y el Ministerio de Ecología, Desarrollo Sostenible y Energía de la República francesa (MEDSE o MEEM por sus siglas en Francés), celebraron un memorando de entendimiento sobre asistencia, cooperación técnica y científica e intercambio de información en materia de recursos hídricos.

En este contexto, el 3 de junio de 2016 en la ciudad de Mérida, Yucatán, la SEMARNAT, a través de la CONAGUA y el MEDSE, por conducto de la Dirección de Agua de la Biodiversidad, llevaron a cabo la firma del Anexo Técnico No. 1, con la participación del Comité de Cuenca Sena-Normandía (CCSN), el Sindicato Interdepartamental para el Saneamiento de la Aglomeración Parisiense (SIAAP) y la Oficina Internacional del Agua (OIAGUA).

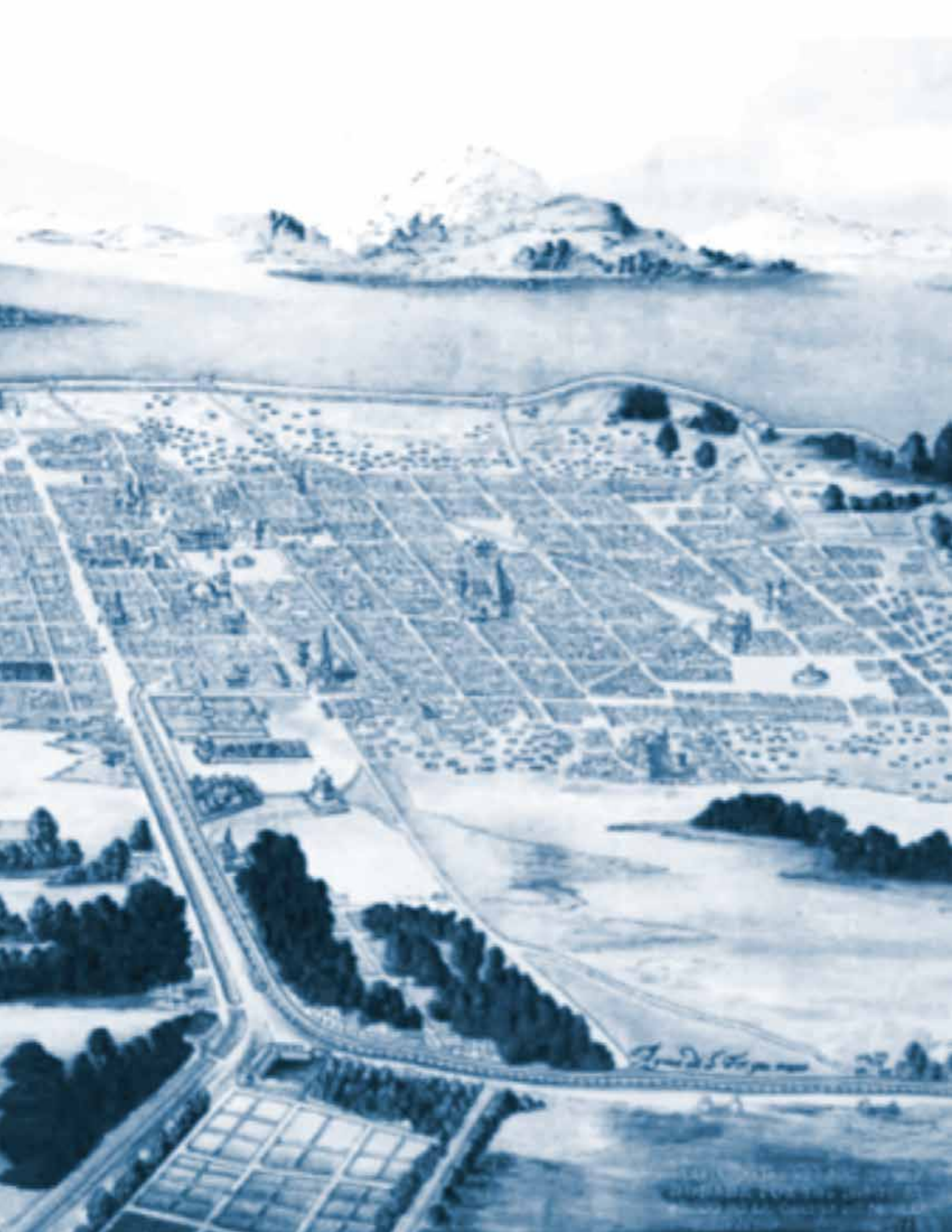
El Anexo Técnico del convenio de cooperación, que incluye la descripción de las actividades a realizar, se suscribió el 16 de febrero de 2017 durante la visita técnica de la delegación francesa a México. El objetivo del proyecto es apoyar los procesos para la consolidación de la Comisión Metropolitana de Drenaje del Valle de México (CMDVM), mediante el intercambio de experiencias con el SIAAP de París, Francia y con el apoyo de la Oficina Internacional del Agua (OIAGUA). La fecha de conclusión del proyecto de está programada para el mes de diciembre de 2018.

Como parte de las actividades programadas en el proyecto de cooperación, se elaboró la presen-

te monografía con el objeto de integrar de manera sintetizada y para una mejor comprensión, los aspectos más relevantes del Sistema de Drenaje de la Zona Metropolitana del Valle de México en siete capítulos, a través de una descripción del contexto geográfico y político de la metrópoli, la historia del sistema de drenaje, las instituciones que están a cargo de la operación y las reformas institucionales, la infraestructura física del sistema, los protocolos de operación, las tecnologías aplicadas para el pronóstico y monitoreo, y la gestión y mantenimiento del sistema, así como las perspectivas a futuro, considerando la infraestructura hidráulica que la CONAGUA se encuentra construyendo como parte de las obras del Nuevo Aeropuerto Internacional de México (NAICM).

El presente documento ha sido elaborado por personal de las Subgerencias de Estudios y Proyectos e Hidrología e Ingeniería de Ríos de la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (OCAVM), a través de la recopilación y análisis de información de diversas fuentes bibliográficas y con información proporcionada por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) y la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM).

Además de los fines para los cuales fue concebido, el presente documento pretende ser un material de consulta para aquellos que desean conocer la complejidad y magnitud de uno de los sistemas de drenaje más grandes del mundo.



San Francisco

ÍNDICE

Capítulo I . Contexto Geográfico y Político del Valle de México	6
1.1. La Zona Metropolitana del Valle de México.....	8
1.2. La Región Hidrológico-Administrativa XIII.....	9
1.3. Clima	9
1.4. Población.....	10
1.5. Economía.....	10
1.6. Problemática.....	11
1.7. Normatividad del Sector Hídrico.....	14
Capítulo 2 . Breve Historia del Drenaje del Valle de México	18
2.1. Introducción	20
2.2. Primera etapa.....	20
2.3. Segunda etapa	20
2.4. Tercera etapa	21
2.5. Cuarta etapa	21
2.6. Quinta etapa.....	22
2.7. Sexta etapa	23
2.8. Séptima etapa.....	23
2.9. Octava etapa	23
Capítulo 3. Instituciones Involucradas en la Comisión Metropolitana de Drenaje	26
3.1. Inicios de la Comisión Nacional del Agua	28
3.2. Origen del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México	28
3.3. Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX)	30
3.4. Comisión del Agua del Estado de México (CAEM)	31
3.5. Organismos operadores municipales.....	33
3.6. Comisión Metropolitana de Drenaje	34
Capítulo 4 . Infraestructura del Sistema de Drenaje del Valle de México	36
4.1. Introducción	38
4.2. Salidas Artificiales.....	38
4.3. Gran Canal de Desagüe.....	39
4.4. Subsistema Poniente	40
4.5. Drenaje Profundo	42
4.6. Cuerpos de Regulación	45
Capítulo 5. Protocolo de Operación	52
5.1. Descripción del Protocolo de Operación	54
5.2. Operación del Protocolo de Operación.....	57
Capítulo 6. Tecnologías Aplicadas para el seguimiento y monitoreo.....	62
6.1. Infraestructura y redes de monitoreo	64
6.2. Vigilancia global.....	67
Capítulo 7. Gestión y Mantenimiento de Sistemas	70
7.1. Acciones y programas.....	72
7.2. Acciones que coadyuvan a mitigar los efectos del cambio climático.....	74
7.3. Incentivas y normas para la recuperación de agua de lluvia	78



CAPÍTULO 1

CONTEXTO GEOGRÁFICO Y POLÍTICO DEL VALLE DE MÉXICO



FIGURA 3. Delegaciones y Municipios que conforman la ZMVM



1.2 Región Hidrológico-Administrativa XIII

Con base en la delimitación de las principales corrientes del país y considerando sus respectivos parteaguas, el territorio nacional está dividido en 37 regiones hidrológicas:

FIGURA 4. Regiones Hidrológicas del territorio nacional



La CONAGUA estableció el término de Región Hidrológico-Administrativa (RHA) como el territorio formado por la agrupación de varias cuencas hidrográficas e hidrológicas considerando los límites municipales. Para el desempeño de sus funciones, la CONAGUA cuenta con un Organismo de Cuenca en cada una de las 13 RHA.

La Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México (RHA XIII) se ubica dentro de la región hidrológica número 26, Pánuco, en la parte central de la república mexicana. Incluye en su totalidad a la ZMVM y se conforma actualmente por 105 municipios de tres entidades federativas: Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala y las 16 delegaciones políticas de la Ciudad de México. La superficie total de la RHA XIII es de 18 229 km², que representa el 0.93% de la superficie nacional con una población aproximada de 23 millones de habitantes.

FIGURA 5. Regiones Hidrológico-Administrativas del territorio nacional



1.3 Clima

La ZMVM contiene simultáneamente diferentes climas en su interior. En el 63.7% de superficie presenta un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano; 18.4% con clima semifrío, que en su mayoría es subhúmedo, con lluvias en verano; y el restante 17.9% es semiseco templado.

Debido a que se encuentra en la Zona Intertropical recibe una alta insolación durante todo el año, lo cual provoca que la temperatura ambiente sea alta, pero esta condición se ve modificada por la altitud y el relieve, de tal forma que en el noreste se cuenta con un clima templado semiseco, en el centro es templado subhúmedo y en las regiones elevadas, a más de 2 800 msnm, se considera semifrío subhúmedo.

La temperatura promedio anual oscila entre los 12° C de las zonas más altas hasta los 18° C de las zonas llanas. En el mismo orden, la precipitación pluvial total varía de 600 a 1 000 mm por año, y el período en que se concentra es el verano.

1.4 Población

Con más de 20.6 millones de habitantes (17% de la población nacional), la ZMVM es la tercera aglomeración metropolitana más grande de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la más grande del mundo fuera del continente asiático.

La densidad de población promedio en la ZMVM es de **13 500 habitantes por km²**, mientras que la Ciudad de México (CDMX), formada por 16 delegaciones, tiene una superficie de 1 485 km² y una población aproximada de 8.90 millones de habitantes, lo que representa una densidad de población de aproximadamente **6 000 habitantes por km²**.

De acuerdo con datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO), para 2030, la Ciudad de México continuará teniendo prácticamente la misma población que los cuatro decenios anteriores. Siguiendo la tendencia actual, la población seguirá aumentando hacia las zonas periféricas, particularmente en el Estado de México. Para el 2030 el Estado de México, donde actualmente habitan 11.6 millones de personas, tendrá cerca de 13.7 millones de habitantes, mientras que la población total de la Zona Metropolitana del Valle de México pasará de los 20.6 millones habitantes actuales a **22.3 millones de habitantes**.

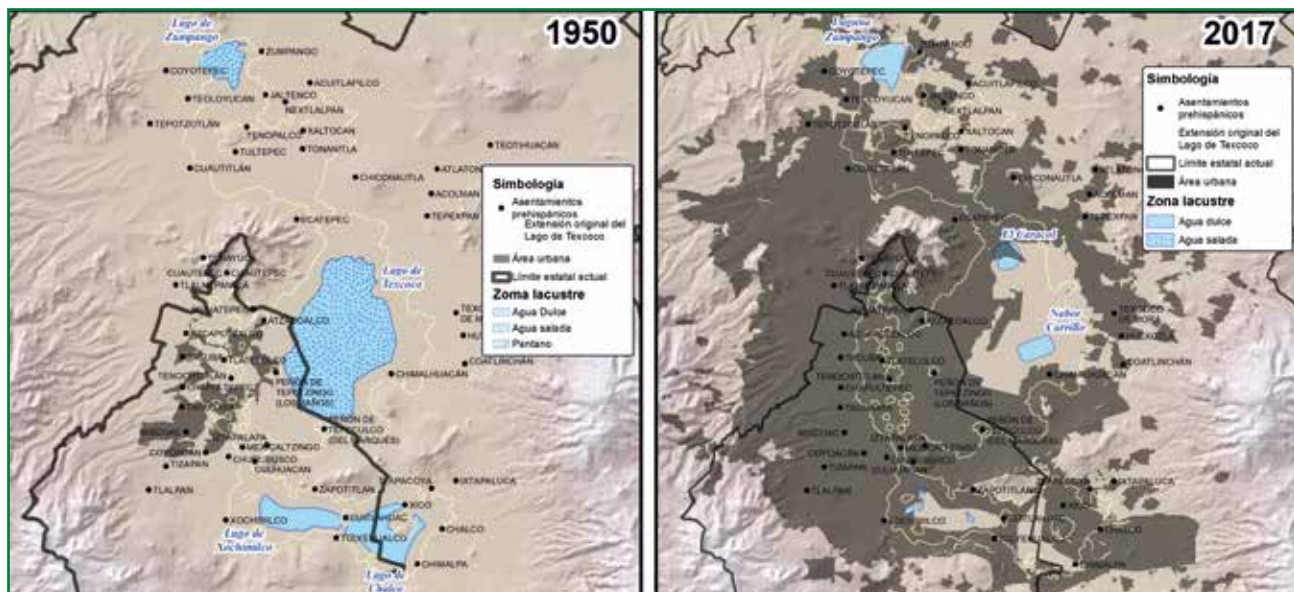
1.5 Economía

La ZMVM produce 4.74 billones de pesos al año, lo que representa cerca del 23% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y es el centro económico, financiero, político y cultural de la república mexicana.

La industria se concentra principalmente en servicios de alto valor agregado, especialmente en los sectores financieros y de seguros, así como de comunicaciones y transportes, bienes raíces y servicios empresariales. En términos generales, en lo que respecta a la Ciudad de México, la economía se concentra en **comercio y servicios**, mientras que en los municipios conurbados predomina la **industria manufacturera**.

En la actualidad, cerca de la mitad de los municipios y todas, excepto una de las delegaciones de la Ciudad de México, tienen un grado muy bajo de marginación, lo que implica que la mayoría de los habitantes de la Ciudad de México cuentan con acceso a servicios básicos. No obstante, los servicios básicos en algunas colonias de la zona metropolitana, particularmente en las periferias, son precarios, donde más del **40% de los hogares carecen de electricidad, agua potable o drenaje**. Tanto las áreas acomodadas como las más humildes muestran altos niveles de desigualdad por ingreso, situación que impacta significativamente en la cohesión social. A pesar de que el desempleo en la ZMVM es relativamente bajo (4.8% en promedio), su variación es alta llegando a alcanzar un índice de hasta 7.5% en la zona suroriente.

FIGURA 6. Evolución de la zona lacustre y área urbana de la ZMVM



1.6 Problemática

A nivel nacional, la RHA XIII presenta los mayores retos en términos de sustentabilidad, ya que sólo por medio de acciones sin precedentes, se logrará frenar el acelerado desequilibrio que ha ido en aumento durante más de treinta años. En la segunda mitad del siglo XX, las áreas donde se concentró la actividad humana fueron objeto de una degradación ambiental general, es decir, los problemas dejaron de ser focalizados y se extendieron en la totalidad de sus cuencas y acuíferos.

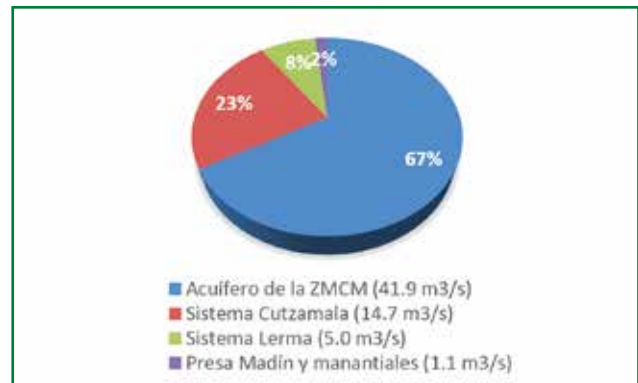
La ZMVM tiene un doble reto hidráulico: hay muy poca agua potable para cubrir la demanda actual y futura y, al mismo tiempo, las torrenciales precipitaciones durante la temporada de lluvias generan inundaciones frecuentes. A estos problemas se suman la calidad insatisfactoria del agua para consumo humano, su desperdicio por fugas, su tratamiento insuficiente y la no recolección del agua de lluvia.

Agua Potable

Actualmente, el suministro de agua potable a la Zona Metropolitana del Valle de México, asciende a un caudal medio de **62.7 m³/s**, del cual 67% (42 m³/s) corresponde a fuentes subterráneas y el 33% (20.7 m³/s) restante a fuentes superficiales y manantiales.

El Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (OCAVM) entrega un promedio de **21.7 m³/s** de agua en bloque a la Ciudad de México y al Estado de México, que cubre las necesidades de 6.9 millones de habitantes, considerando una dotación diaria de 270 l/hab/día a través de dos sistemas: El **Sistema Cutzamala** y un sistema de acueductos abastecidos por pozos, denominado **Sistema de Plan de Acción Inmediata (PAI)**.

FIGURA 7. Fuentes de abastecimiento de Agua Potable a la ZMVM



Si bien, de acuerdo con las cifras de la Encuesta Intercensal 2015 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), esta región goza de una cobertura superior al 97% en lo que respecta al servicio de agua potable, la realidad es que más del 20% de los habitantes se encuentran sujetos a servicios por tandeo y problemas en la calidad del agua.

FIGURA 8. Suministro de Agua Potable por tandeo, oriente de la CDMX

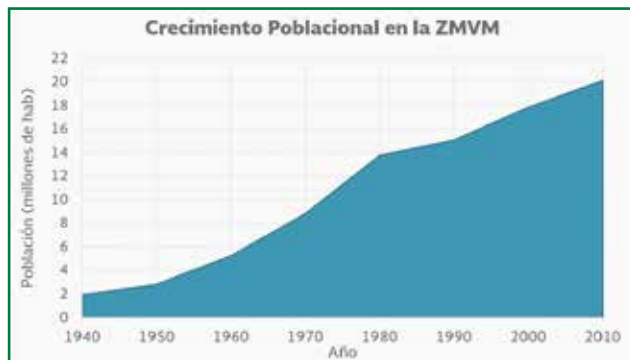


La gran extensión de la ZMVM, la complejidad de su sistema de distribución de agua potable, la antigüedad de gran parte de su infraestructura y las deficiencias de mantenimiento así como la conservación diferida de sus componentes, tienen como efecto un elevado porcentaje de fugas, estimado entre el 36% y el 40%.

Drenaje

El crecimiento poblacional de la Zona Metropolitana del Valle de México a partir de 1940 trajo consigo un aumento en la demanda de agua potable en la zona. Como consecuencia, se empezaron a colocar pozos para extraer agua del subsuelo, lo que se traduce, hoy en día, en asentamientos y hundimientos diferenciales del terreno que provocan daños en el sistema general de drenaje. Tal es el caso del Gran Canal de Desagüe, cuya pendiente se ha reducido al paso de los años por lo que hoy en día requiere de bombeo para conducir grandes caudales fuera de la ciudad.

FIGURA 9. Crecimiento poblacional en la ZMVM (1940-2010)



Adicionalmente, la expansión de la mancha urbana y la desaparición de espacios verdes han reducido considerablemente la superficie permeable del valle, de manera que los escurrimientos pluviales se incrementan año con año y los tiempos de concentración de las avenidas son cada vez más cortos, en particular en la zona poniente.

FIGURA 10. Asentamientos humanos y basura en el vaso de la presa Tequilasco



Por otra parte, la capacidad de conducción en los cauces y de regulación en las presas para control de avenidas, se ha visto restringida considerablemente por azolve, basura y asentamientos humanos irregulares que impiden una correcta operación y afectan el funcionamiento de la infraestructura.

FIGURA 11. Presa C de Becerra para control de avenidas (nótese el azolve y basura que han comprometido la capacidad de almacenamiento)



Medio Ambiente

Con respecto a los problemas ambientales y más aún relacionados con el agua, ya existe un efecto irreversible en las condiciones ambientales originales, por dos cambios cruciales: la desaparición de los lagos y la transformación de los ríos en cloacas y drenes pluviales.

FIGURA 12. Canal General, Planta de Bombeo Parada del Toro



Otros problemas como son la deforestación y el cambio de uso de suelo, avanzan sin freno y reducen las alternativas para mejorar las condiciones de aprovechamiento hídrico en la región. Se observa que las dependencias encargadas del manejo ambiental, cuentan con recursos mínimos para desempeñar su función, situación que hace muy complicado un avance que permita mejorar el medio ambiente. Actualmente, en el Valle de México, se estima que el 69.5% de las aguas residuales no recibe tratamiento.

Por otra parte, el manejo deficiente de desperdicios sólidos pone en riesgo la tierra, el agua y la calidad del aire. La insuficiente infraestructura, así como la escasa supervisión del cumplimiento de las normas de tratamiento de residuos forman parte del problema.

FIGURA 13. Presa Dolores para control de avenidas



En la actualidad no se cuenta con instrumentos de política sólidos que alienten la reducción y el reciclaje de desperdicios a nivel metropolitano. Además, la falta de planeación pone en riesgo al suelo de conservación debido a la propagación de asentamientos irregulares, deforestación y rellenos sanitarios sin control.

Administración del Agua

El problema de la insuficiencia de recursos económicos para el sector se debe, en parte, a la poca valoración económica del agua por parte de los usuarios, lo cual se ve reflejado en una baja disposición al pago por el servicio de agua potable, caso contrario

a otros servicios como la energía eléctrica y el teléfono, cuyos incrementos en las tarifas no son tan cuestionados por la sociedad como los del agua.

Por otra parte, la poca capacidad de los organismos operadores en aspectos como la medición, cobranza y fugas en las redes de distribución (el agua que se fuga no se cobra), no permite tener un porcentaje de recaudación que, por lo menos, facilite la operación normal de dichos organismos.

Hoy en día, los recursos son tan limitados que apenas son suficientes para sobrellevar la subsistencia institucional; tanto dependencias como comisiones estatales se debilitan día con día, pierden personal y su capacidad operativa se reduce en comparación con las crecientes necesidades de la sociedad en lo que se refiere al manejo del agua.

En cuanto a los retos administrativos, se carece de suficiente control de las extracciones, existen vedas que afectan a la población rural y no se cuenta con programas de ordenamiento territorial capaces de frenar el crecimiento de asentamientos humanos en zonas de riesgo, reserva ecológica y recarga de acuíferos.

Eventos extremos e inundaciones

Sin duda, un reto creciente en la Zona Metropolitana del Valle de México es el riesgo de inundación en zonas habitadas, lo cual se acentúa debido al crecimiento desordenado de la mancha urbana, la deforestación de las cuencas que circundan la metrópoli, la sobreexplotación de los acuíferos que genera hundimientos regionales y locales que afectan al Sistema de Drenaje, al estado físico de la infraestructura y a la deficiencia de los servicios de recolección de basura, entre otros. La conservación diferida de la infraestructura de drenaje y la capacidad limitada de sus principales conducciones, ponen en riesgo de inundación incluso al zócalo de la Ciudad de México.

El riesgo de inundación se determina con base en la amenaza y la vulnerabilidad e implica un análisis integrado de factores ambientales y socioeconómicos. Debido a la ubicación particular de la ZMVM, las amenazas pueden ser naturales (fenómenos sísmicos, geológicos, geomorfológicos, hidrometeorológicos, volcánicos y biológicos), destacándose las precipitaciones intensas, las sequías, los ciclones tropicales, efectos de “nortes”, o antropogénicas (extracción excesiva de agua, deforestación y asentamientos humanos irregulares, entre otros).

A consecuencia del crecimiento de la mancha urbana en la ZMVM, gran parte de los cauces a cielo abierto han sufrido modificaciones en su trazo y geometría, lo que implica cambios en las pendientes, secciones hidráulicas y bordos de encauzamiento que han sido reconformados y sobreelevados con el paso del tiempo, por lo que en la actualidad existen zonas altamente pobladas que se encuentran asentadas por debajo de la elevación de los bordos, particularmente en la zona oriente del valle.

FIGURA 14. Viviendas en situación de vulnerabilidad, Valle de Chalco Solidaridad



Las inundaciones más graves que se han suscitado en la ZMVM en los últimos años, se deben en su mayoría al desbordamiento de los cauces o falla por ruptura o deslizamiento de los bordos de encauzamiento. Tal es el caso del evento ocurrido en septiembre del 2011 en el río Cuautitlán del Estado de México, en el que las inundaciones, a consecuencia de la ruptura de una de las márgenes, afectaron a más de 1 200 viviendas, presentando niveles de agua hasta de 2.50 m.

FIGURA 15. Afectaciones por ruptura de bordo en el río Cuautitlán, (Septiembre 2011)



Para proteger a la población de los riesgos de inundación, la ZMVM cuenta con un sistema de drenaje, denominado **Sistema Hidrológico del Valle de México**, operado de manera conjunta y coordinada entre la **CONAGUA**, el **Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX)** y la **Comisión del Agua del Estado de México (CAEM)**. El sistema conduce las aguas residuales y pluviales de la cuenca hacia el norte del valle a través de tres salidas artificiales: El **Túnel Emisor Poniente (TEP)**, el **Túnel Emisor Central (TEC)** y el **Gran Canal del Desagüe**. En términos generales, el Sistema Hidrológico del Valle de México está compuesto por 38 presas, túneles, canales, vasos reguladores, plantas de bombeo y 40 ríos de importancia con una longitud estimada de 10 000 km.

1.7. Normatividad del Sector Hídrico

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La gestión jurídica del agua en México tiene como fundamento lo que dictan tres artículos de la Constitución Política (4°, 27 y 115) y la Ley de Aguas Nacionales.

El Artículo 4° reconoce que toda persona tiene derecho al acceso, la disposición y el saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado debe garantizar este derecho de forma equitativa y sustentable, y establecer la participación de la federación, los estados y la ciudadanía para conseguirlo.

El Artículo 27 señala que las aguas son propiedad de la nación y sienta las bases para que el Estado regule su aprovechamiento sostenible, con la participación de la ciudadanía y de los tres niveles de gobierno. Especifica que la explotación, el uso o aprovechamiento de los recursos se realizará mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo, con base en las leyes.

El Artículo 115, por su parte, especifica que los municipios tienen a su cargo los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.

Ley de aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) es el ordenamiento reglamentario del Artículo 27 constitucio-

nal; regula la distribución y control del agua, y designa a la Comisión Nacional del Agua como el órgano responsable de ejercer la autoridad y administración del agua a nombre del Ejecutivo.

Entre las facultades que esta ley otorga a la Comisión Nacional del Agua se encuentran las siguientes:

- Administrar y custodiar las aguas y bienes de propiedad nacional, así como preservar y controlar la cantidad y calidad de las mismas.
- Otorgar concesiones o asignaciones para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas de propiedad nacional.
- Otorgar permisos para la descarga de aguas residuales en cuerpos receptores, por ejemplo: ríos, lagos y embalses de propiedad nacional.
- Otorgar concesiones para la ocupación de terrenos federales.
- Otorgar concesiones para la extracción de materiales pétreos de los cauces de propiedad nacional, por ejemplo: rocas, arena y grava.
- Otorgar permisos para ejecutar obras que crucen corrientes de propiedad nacional.
- Aplicar la Ley Federal de Derechos.

Reglamento de la Ley General de Aguas Nacionales

Los usuarios deben operar dentro de un marco de derechos y obligaciones establecidos en los instrumentos regulatorios básicos de la Ley de Aguas Nacionales, dentro de los que destacan:

1. Títulos de asignación y de concesión: establecen el derecho a explotar, usar o aprovechar un determinado volumen de aguas nacionales.
2. Permisos de descarga de aguas residuales: señalan las condiciones bajo las cuales el permisionario habrá de descargar las aguas residuales a los cuerpos receptores de propiedad nacional.
3. Registro Público de Derechos de Agua (REPDAA): en él se inscriben entre otros documentos legales, tanto los títulos de asignación y de concesión como los permisos de descarga de aguas residuales.

Permisos de descarga de aguas residuales

Todas las personas físicas y morales deben obtener un permiso de la Comisión Nacional del Agua con-

forme a la normatividad vigente, para depositar, una vez tratadas convenientemente, las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores (cauces, presas, lagos, lagunas, aguas marinas o bien cuando se infiltran en terrenos).

En la Ley de Aguas Nacionales se establecen las condiciones para efectuar descargas de aguas residuales en cuerpos receptores, dentro de las que se señalan:

1. Contar con el permiso de descarga respectivo.
2. Operar y mantener el equipo necesario para el manejo y tratamiento de aguas residuales, de forma que se cumpla con las Normas Oficiales Mexicanas y las condiciones establecidas en el permiso de descarga.
3. Llevar un registro de los muestreos y análisis de la calidad del agua.

Otras leyes secundarias se relacionan también con el tema de agua, como: la de cambio climático, desarrollo forestal sustentable, la ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente, la ley minera y otras. La Ley Federal de Derechos, por su parte, clasifica las zonas de disponibilidad de agua y determina las tarifas por uso, así como el cobro por descarga de aguas residuales con base en su calidad y la de los cuerpos de agua receptores.

A partir de que se incorporó el derecho humano al agua en el Artículo 4º constitucional, está pendiente la discusión de la Ley General de Aguas que lo normará.

Infracciones y Sanciones

La Ley de Aguas Nacionales enumera las infracciones en las que puede incurrir el usuario, dentro de las que se encuentran:

- Descargar aguas residuales en contravención a la Ley de Aguas Nacionales.
- Utilizar agua limpia para diluir las descargas de aguas residuales y así tratar de cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas.
- No instalar dispositivos de monitoreo de la calidad del agua descargada o no conservarlos en buen estado.
- Ocupar terrenos de vasos, cauces, zonas federales y de protección sin el permiso expedido por la Comisión Nacional del Agua.
- Arrojar basura y sustancias tóxicas peligrosas en ríos, cauces, vasos, al mar o infiltrarlas al subsuelo.

Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) son disposiciones generales de tipo técnico expedidas por dependencias de la administración pública federal. Su objetivo es establecer reglas, especificaciones, directrices y características aplicables a un producto, proceso o servicio. En lo que respecta al drenaje y saneamiento, existen diversas NOMs dentro de las que destacan:

- NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
- NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

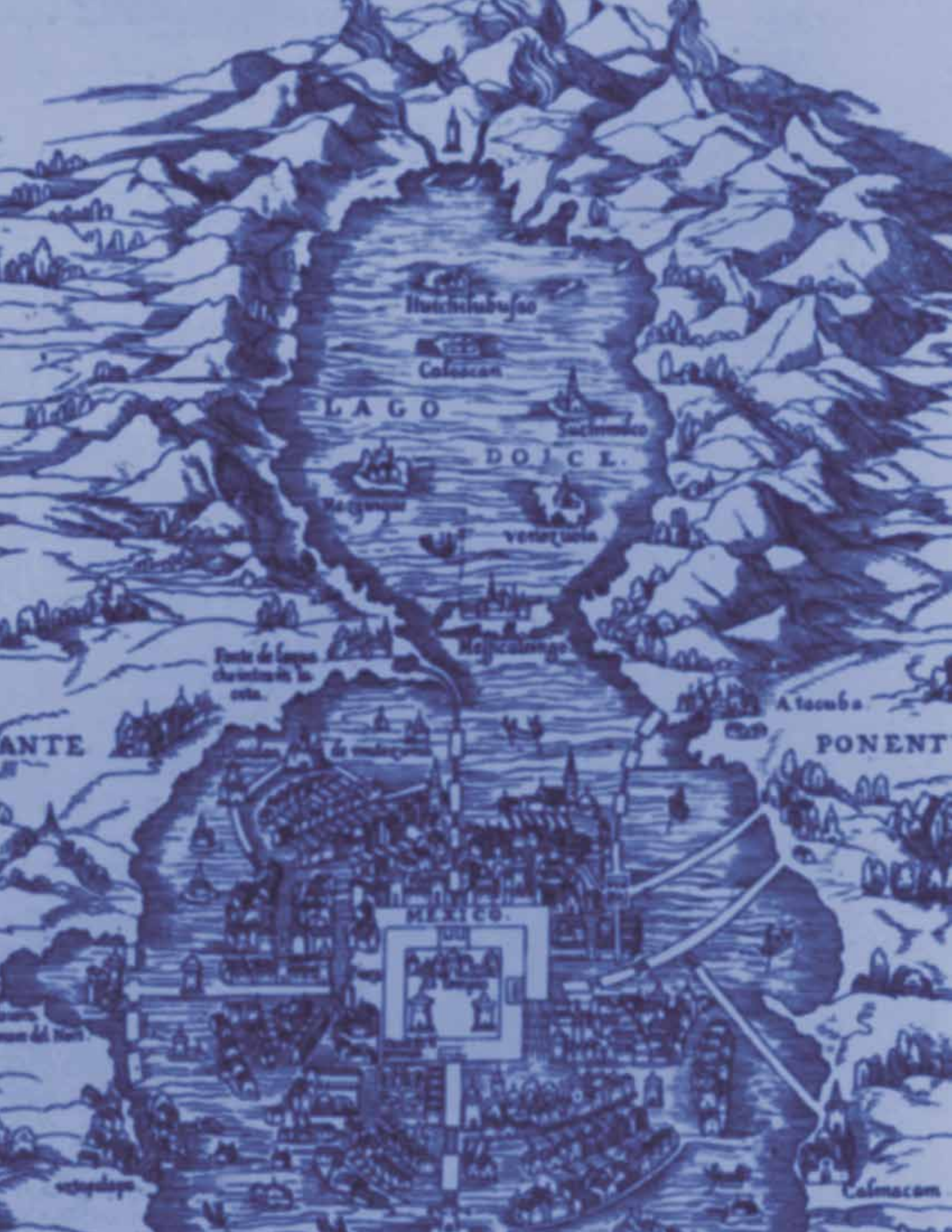
La Comisión Nacional del Agua, por conducto del Comité Consultivo Nacional del Sector Agua, elabora las normas oficiales mexicanas sobre la conser-

vación, seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento y administración de las aguas nacionales y de los bienes nacionales enunciados en el Artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales, a fin de que sean expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Asimismo, la CONAGUA ha elaborado **55 Manuales de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS)** dirigidos a quienes diseñan, construyen, operan y administran los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento del país. Dichos manuales buscan ser una referencia sobre los criterios, procedimientos, normas, índices, parámetros y casos de éxito que la Comisión Nacional del Agua en su carácter de entidad normativa federal en materia de agua, considera recomendable utilizar, a efecto de homologarlos, para que el desarrollo, operación y administración de los sistemas se encaminen a elevar y mantener la eficiencia y la calidad de los servicios a la población.

Los manuales, orientados a la planeación, ingenierías básicas y tecnologías de apoyo, proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento, operación y mantenimiento y administración, se encuentran disponibles para consulta y descarga en la siguiente liga:

http://www.mapasconagua.net/conten_general.aspx



Huachilubusao

Coloscan

LAGO

DOUCE.

Veracruz

Veracruz

Mexico

Atacuba

ANTE

PONENT

MEXICO.

MEXICO.

MEXICO.

MEXICO.

MEXICO.

MEXICO.

MEXICO.

MEXICO.

MEXICO.

Calmacam

Capítulo 2

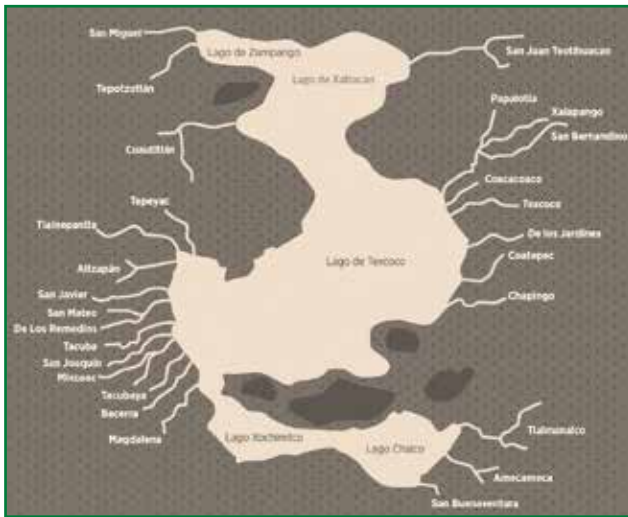
**BREVE HISTORIA
DEL DRENAJE DEL
VALLE DE MÉXICO**



2.1 Introducción

La ZMVM está situada en una cuenca endorreica, emplazada a más de 2 000 metros de altitud y rodeada por montañas de origen volcánico con paredes y fondos impermeables compuestos por sedimentos fluviales, lacustres y volcánicos de arenas gruesas y arcillas con alto contenido de agua que dieron origen al sistema lacustre integrado por cinco grandes lagos: Texcoco, Xochimilco, Chalco, Xaltocan y Zumpango, que en época de lluvias se convertían en uno solo de 2 000 km² de superficie.

FIGURA 1. Sistema Lacustre del Valle de México, siglo XIV



Esta condición explica las periódicas inundaciones que, desde la fundación de Tenochtitlán, han enfrentado sus habitantes.

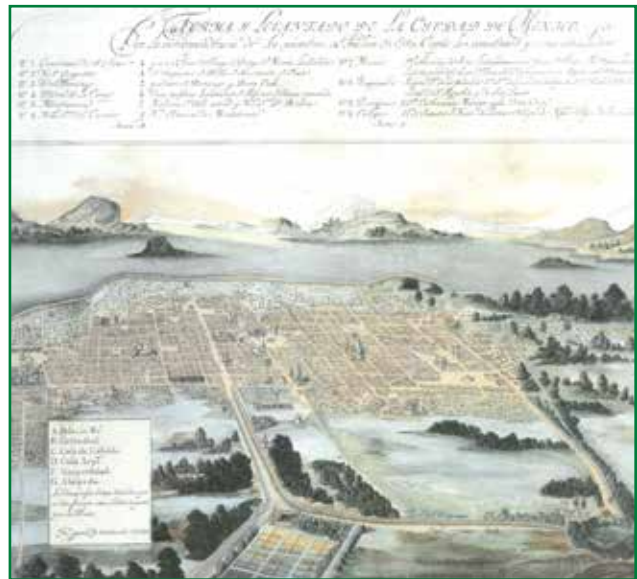
La historia de las obras que se han construido para solucionar los problemas hidráulicos de la cuenca se remonta hasta las primeras grandes civilizaciones que habitaron en el valle. Conocer la evolución de dichas obras y técnicas utilizadas, ayuda a comprender de mejor manera la situación actual y la problemática que enfrentan los grandes sistemas de desagüe que tenemos hoy en día. La historia del drenaje del Valle de México se divide en ocho etapas:

2.2 Primera Etapa

Desde que los mexicas instauraron su ciudad en 1325, se empezaron a construir diques con compuertas y pequeñas calzadas para prevenir inundaciones y evitar que las aguas saladas del lago de Texcoco se mezclaran con el agua dulce de los lagos de Xochimilco y de Chalco.

Sin duda, la obra más destacable de la época fue el Albaradón de Nezahualcōyotl; un dique de 22 km de longitud, 4 m de altura y 7 m de ancho que poseía esclusas que permitían vaciar la laguna de México cuando el nivel de las aguas alcanzaba cierta altura. Este tipo de obras de control, además de prevenir desastres, ayudó al desarrollo y florecimiento de la agricultura chinampera en Tenochtitlán.

FIGURA 2. Ciudad de México, José Gómez Trasmonte (1628)

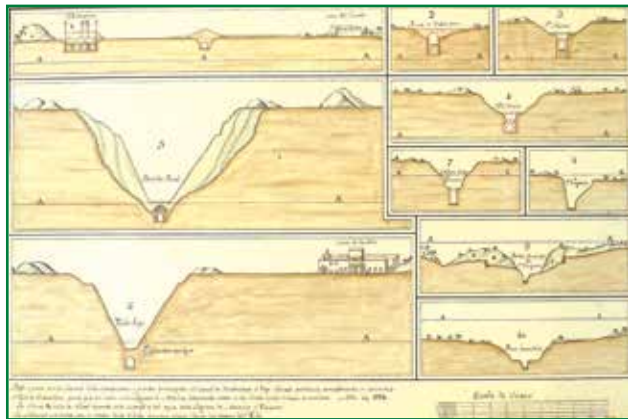


2.3 Segunda etapa

La llegada de los españoles a la ciudad trajo consigo la destrucción de la mayoría de las grandes obras hidráulicas, así como de los canales que abastecían de agua a la ciudad y aquellos que desagaban en el lago de Texcoco, situación que provocó a partir de 1553,

una serie de inundaciones y desastres como consecuencia de las precipitaciones pluviales. Una de las obras de mayor importancia y magnitud en la época de la conquista, fue el Tajo de Nochistongo, ubicado en el actual municipio de Huehuetoca, Estado de México. La obra realizada por el ingeniero Enrico Martínez en 1607 constaba de un túnel que pretendía sacar las aguas de la cuenca. Sin embargo, la falta de revestimiento en el túnel provocó derrumbes que lo dejaron inservible hasta el año de 1789 cuando se sustituyó el túnel por un tajo a cielo abierto.

FIGURA 3. Secciones transversales del tajo de Nochistongo, Joaquín Velázquez de León y José Burgaleta (1774)



2.4 Tercera etapa

En la época de la independencia, no se contaba con las obras apropiadas para el desalojo de las aguas residuales y pluviales. El sistema de drenaje de la ciudad se componía de atarjeas, caños de cajas con pendientes mal calculadas y cuya capacidad era insuficiente.

Dicho sistema conducía las aguas por el canal de la Merced hacía el lago de Texcoco, en donde la única salida era la evaporación natural; esta ineficiencia del sistema de drenaje provocaba que las precipitaciones pluviales afectaran de manera considerable al centro de la ciudad. Incluso, hoy en día, se pueden apreciar pequeños azulejos en algunos cruces de calles del centro histórico que medían los niveles de agua alcanzados en época de lluvias.

FIGURA 4. Inundaciones en el Centro de la Ciudad a principios del siglo XX



En 1856, la Secretaría de Fomento convocó a un concurso para solucionar el problema del desalojo de las aguas residuales y pluviales de la ciudad. El ganador fue el ingeniero Francisco de Garay, quien presentó el proyecto de la apertura de un canal que iniciaría en la Ciudad de México y se conectaría con un túnel que desembocaría en el arroyo de Ametlac, confluente del río Tequixquiac al norte de Zumpango en el Estado de México, con un gasto de diseño de $33 \text{ m}^3/\text{s}$. La obra se conoce como el Primer Túnel de Tequixquiac (también llamado Antiguo Túnel de Tequixquiac). Sin embargo, la situación política del país no permitió que se concluyera la obra y en 1869 el proyecto quedó abandonado.

2.5 Cuarta etapa

Con la llegada al poder del presidente Porfirio Díaz, se reanuda la obra del Primer Túnel de Tequixquiac y en 1900 se inaugura el Gran Canal de Desagüe.

La obra diseñada por el ingeniero Luis Espinoza se compone de un canal de sección trapecial, un túnel de 10 km y un tajo de salida de 2.5 km de longitud. Inicia al nororiente de la ciudad, pasando por los lagos de Texcoco, Xaltocan y Zumpango siguiendo

por el Primer Túnel de Tequixquiac hasta el tajo que desemboca en el río del mismo nombre. La obra fue diseñada para un gasto de $16 \text{ m}^3/\text{s}$, con 24 lumbreras de 2 m de diámetro y sección transversal oval.

FIGURA 5. Draga Cuauhtémoc, construcción del Gran Canal de Desagüe (1893)

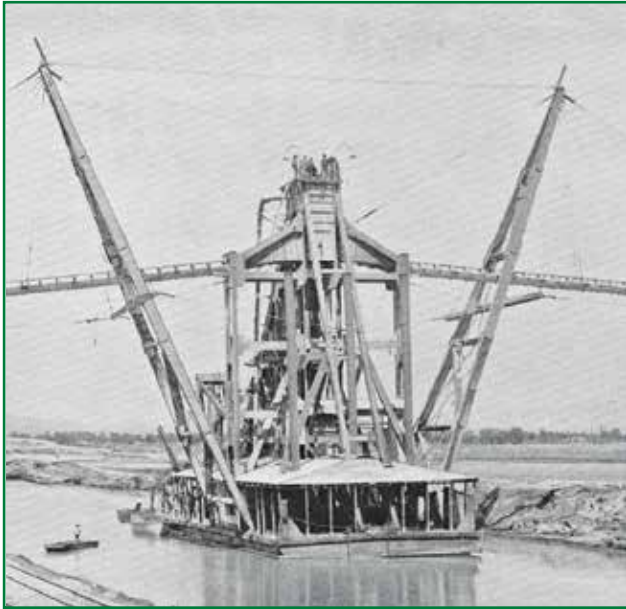


FIGURA 6. Portal de entrada del 1er Túnel de Tequixquiac



2.6 Quinta etapa

En 1930 la Ciudad de México ya contaba con más de un millón de habitantes y el incremento poblacional acelerado hizo que aumentara la demanda de agua potable, por lo que se empezó a extraer agua del subsuelo, resultando en asentamientos del terreno y hundimientos diferenciales. Esto provocó que las pendientes del drenaje fueran insuficientes, reduciendo la capacidad del sistema y aumentando el número y la magnitud de las inundaciones.

A partir de 1930 se emprende la prolongación sur del Gran Canal, conocido como el Canal de Miramontes, se realizan trabajos de desazolve, ampliaciones, obras de refuerzo y elevación de los bordos. Asimismo se restaura todo el sistema de atarjeas de la ciudad y se construyen colectores, cárcamos y plantas de bombeo. Al mismo tiempo se lleva a cabo el proyecto del Segundo Túnel de Tequixquiac (también llamado Nuevo Túnel de Tequixquiac) que desemboca en la barranca de Acatlán, solución sugerida inicialmente por el ingeniero Francisco de Garay en 1856.

FIGURA 7. Obras del Nuevo Túnel de Tequixquiac



El proyecto fue diseñado para conducir un caudal de $60 \text{ m}^3/\text{s}$ y consta de un túnel de 11 kilómetros de longitud y sección transversal circular con pozos de ventilación y 10 lumbreras a cada 200 m. Adicionalmente se llevan a cabo una serie de obras denominadas “obras de desviación combinada”, que son un conjunto de estructuras construidas sobre los ríos Mixcoac, Tacubaya, San Joaquín, Tlalnepantla y San Javier de la vertiente oriental de la Sierra de las Cruces, desviando sus cursos hacia el lago de Texcoco al norte de la ciudad.

2.7 Sexta etapa

En el año 1961 se culmina la construcción del Interceptor Poniente, cuya función es auxiliar al Gran Canal y a la red de colectores, conduciendo un gasto de 35 m³/s con una serie de túneles de 15 km de longitud y un canal revestido a cielo abierto hacia el Vaso de Cristo. El objetivo principal de esta obra es evitar que los torrentes fluviales de las barrancas del poniente de la ciudad viajen hacia el centro. En 1964 se termina la prolongación del interceptor, aumentando su capacidad de 35 a 80 m³/s y descargando el gasto en el río Cuautitlán, la laguna de Zumpango y por el tajo de Nochistongo.

FIGURA 8. Construcción de la bóveda del Emisor Poniente, ICA (1964)



2.8 Séptima etapa

A mediados de los años 60, tan sólo la Ciudad de México contaba con 7 millones de habitantes aproximadamente y la extracción de agua del subsuelo seguía provocando hundimientos en el terreno, por lo que el sistema de drenaje redujo su capacidad y de nuevo comenzaron los problemas de inundaciones. En 1967 se inicia la construcción del Drenaje Profundo, una obra de magnitudes sin precedentes, compuesta por dos interceptores: el Interceptor Central y el Interceptor Oriente.

El primero con una longitud de 8 km y cuatro lumbreras y el segundo con una longitud de 10 km y seis lumbreras. Ambos con un diámetro de 5 m, un gasto de diseño de 100 m³/s y profundidades de 30 a 50 m.

Los dos interceptores confluyen en el Emisor Central el cual descarga en el río El Salto y continúa hasta el distrito de riego en el Valle del Mezquital en el Estado de Hidalgo. Su diámetro es de 6.5 m y conduce un gasto cercano a los 200 m³/s a una profundidad de 50 a 237 m. Su operación a dichas profundidades no se ve afectada por los hundimientos diferenciales, su diseño es resistente a los sismos y es económica a largo plazo ya que se evita la instalación de plantas de bombeo por lo que aún, hoy en día, constituye una parte de gran importancia en el Sistema de Drenaje de la ZMVM.

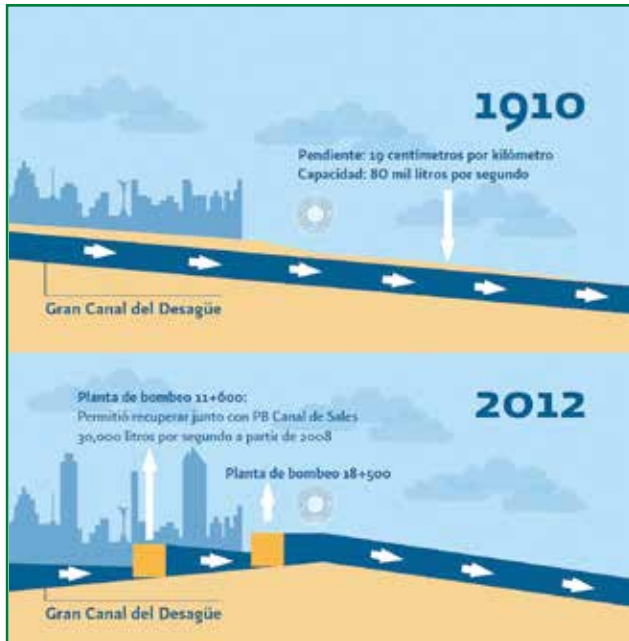
FIGURA 9. Interceptor Central, Drenaje Profundo (1979)



2.9 Octava etapa

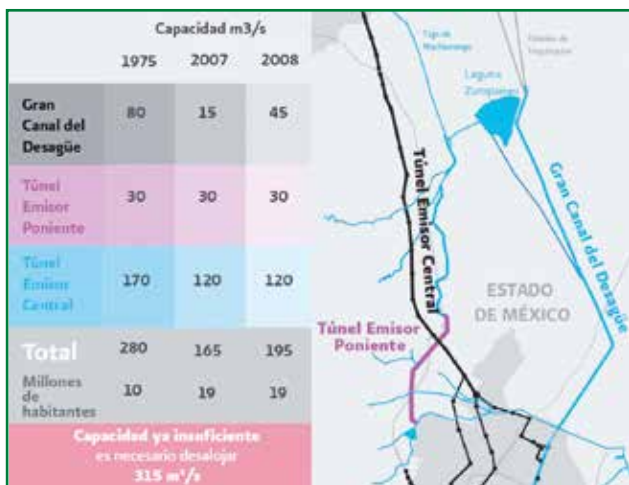
Actualmente, debido al constante hundimiento de la Ciudad de México, el Gran Canal del Desagüe ha perdido la pendiente que le permitía descargar por gravedad, por lo que drena la parte baja de la ciudad con el apoyo de 12 plantas de bombeo hacia los Túneles de Tequixquiac para seguir su curso hasta la cuenca del río Tula y abastecer los canales de riego agrícola. Al inicio, el Drenaje Profundo fue concebido para descargar las aguas pluviales, sin embargo, desde 1992, como resultado de la pérdida de capacidad del Gran Canal, el Drenaje Profundo conduce aguas combinadas que recibe del Interceptor Oriente y del Interceptor Central. Hoy en día el sistema de Drenaje Profundo cuenta con nueve interceptores.

FIGURA 10. Pérdida de pendiente del Gran Canal a consecuencia de los hundimientos



La introducción de gastos residuales al Drenaje Profundo provocó que las labores de mantenimiento que anteriormente se hacían en época de estiaje dejaran de hacerse por lo que estuvo operando ininterrumpidamente y sin mantenimiento por muchos años. Los graves daños en su estructura y el deterioro resultante de la falta de mantenimiento hicieron que el Drenaje Profundo fuera superado en capacidad.

FIGURA 11. Disminución de la capacidad del Sistema de Drenaje del Valle de México



Proyectos en marcha

Túnel Emisor Oriente

En 2007, como parte del Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México, los gobiernos del Distrito Federal, Estado de México e Hidalgo presentaron la iniciativa de un programa integral que planteó la construcción del Túnel Emisor Oriente (TEO). Esta monumental obra de ingeniería permitirá contar con una salida complementaria y alterna al Emisor Central, que permitirá aumentar la capacidad del sistema de Drenaje Profundo, abatir el riesgo de inundaciones en Zona Metropolitana del Valle de México y dará seguridad a 20 millones de habitantes.

El túnel de 62 km, 7 m de diámetro y capacidad para conducir hasta 150 m³/s, contará con 24 lumbreras a profundidades de hasta 150 m. La obra inicia en la segunda lumbrera del interceptor río de los Remedios y terminará en el municipio de Atotonilco de Tula en Hidalgo, cerca del actual portal de salida del Emisor Central en su confluencia con el río El Salto a la altura de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Atotonilco (PTAR Atotonilco).

FIGURA 12. Construcción del Túnel Emisor Oriente



Obras de emergencia de corto plazo

A principios del año 2007 se instrumentó un programa de emergencia para permitir inspeccionar y reparar el Túnel Emisor Central del Sistema de Drenaje Profundo durante el estiaje y para mejorar la operación del sistema de drenaje superficial.

Este programa incluyó la construcción de cuatro grandes plantas de bombeo:

- Gran Canal km 11+600, con capacidad de 21 m³/s.
- Superficial Casa Colorada, con capacidad de 20 m³/s.
- Canal de Sales, con capacidad de 10 m³/s.
- Vaso El Cristo con capacidad de 9 m³/s.

Con ello, se pudo inspeccionar el Sistema de Drenaje Profundo y llevar a cabo, a partir del estiaje de 2008, los trabajos de mantenimiento y rehabilitación del Emisor Central.

No obstante, las obras de emergencia construidas tienen una vida útil reducida debido a su ubicación y a los hundimientos del suelo en el valle. Desde su concepción se consideraron como provisionales, en tanto termina la construcción de infraestructura complementaria, como el TEO.

FIGURA 13. Construcción del Túnel Emisor Oriente



Otras obras muy importantes, que serán parte del Sistema de Drenaje Profundo y que otorgarán capacidad adicional de evacuación, además de la flexibilidad requerida para el mantenimiento y operación del drenaje del Valle de México son el Túnel Interceptor Río de los Remedios (TIRR), el Túnel Río de la Compañía (TRC) y el Túnel Emisor Oriente (TEO), así como las plantas de bombeo complementarias de La Caldera, Casa Colorada Profunda y El Caracol.

FIGURA 14. Planta de Bombeo Casa Colorada Profunda



Obras Hidráulicas en la Zona Oriente

Como parte de las obras del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAIM), la CONAGUA realiza el proyecto de obras hidráulicas en la Zona Oriente del Valle de México, también conocidas como Sistema Hidráulico del Lago de Texcoco (SHLT). Dicho proyecto incluye un conjunto de obras y acciones para resolver, tanto el rezago, como la necesidad de nuevas capacidades para control de inundaciones, saneamiento y servicios hídricos ambientales. De manera general, el SHLT contempla acciones en cinco grandes rubros:

Cuerpos de agua: ampliar y construir nuevos cuerpos de agua para triplicar la capacidad de regulación;

Rehabilitación de cauces rectificar cauces para aumentar la eficiencia del escurrimiento natural.

Saneamiento de ríos: construir colectores marginales para captar y conducir las aguas residuales provenientes de las zonas urbanas a plantas de tratamiento.

Tratamiento de aguas residuales: construir 21 plantas de tratamiento de agua residuales y rehabilitar dos plantas más.

Entubamiento y túneles: entubar un tramo del río de Los Remedios y construcción de túneles para mejorar el sistema de drenaje profundo.



Capítulo 3

INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN LA COMISIÓN METROPOLITANA DE DRENAJE



3.1 Inicios de la Comisión Nacional del Agua

En el año de 1951 el Ejecutivo Federal instauró la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, organismo de estudio y consulta sobre los problemas relacionados con el agua del Valle de México, tanto en el aspecto de abastecimiento, como desagüe. Para 1972 por decreto presidencial se creó la Comisión de Aguas del Valle de México (CAVAM), que absorbió a la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, para fungir como un organismo técnico administrativo dependiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) con objetivo de programar, proyectar, construir, operar y conservar las obras necesarias para el abastecimiento de agua a las poblaciones del Valle de México.

Posteriormente, en 1977 se fusionan la Secretaría de Agricultura y Ganadería y la Secretaría de Recursos Hidráulicos al expedirse la Ley Orgánica de la Administración Pública, dando origen a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Para 1989 y por decreto presidencial se creó la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) como un órgano desconcentrado de la SARH, obedeciendo a la necesidad de concentrar en un sólo órgano administrativo, la planeación, construcción, operación y conservación de las obras hidráulicas que requería el país.

La nueva administración federal transfirió para 1994 de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, que actualmente es la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a la CONAGUA el despacho de asuntos relativos a formular y proponer la política en materia del agua.

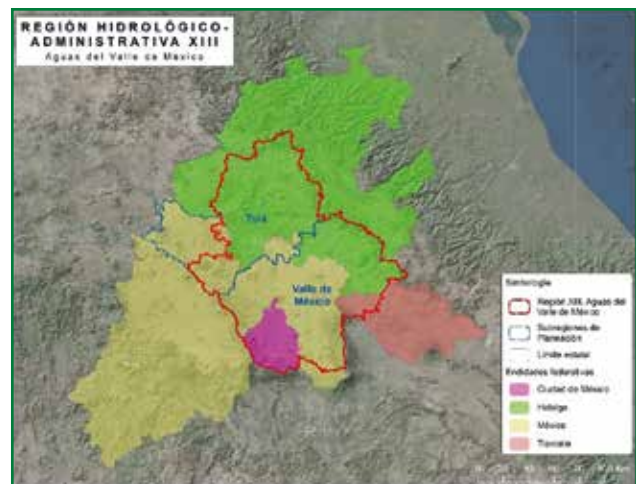
3.2 Origen del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México

En 1998 se establecen el número, lugar y circunscripción territorial de las Gerencias Regionales de la CONAGUA, donde sobresale que la CAVAM se transforma en la Gerencia Regional XIII, Aguas del Valle de México. Las 13 Gerencias Regionales de la CONAGUA se actualizan en el año 2000, y la Gerencia de Aguas del Valle de México cambia su denominación a Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala,

(GRAVAMEXSC). En la Figura 1 se puede apreciar la Región Hidrológico-Administrativa XIII, misma a la que pertenece el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México.

El Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México cuenta con una sede principal (Iztacalco) y una adjunta (Gustavo A. Madero), así como una serie de residencias en la delegación Iztapalapa, Ciudad de México, y los municipios de Tlalnepanitla (Barrientos), Villa Victoria (Cutzamala) y la zona federal del ex-Lago de Texcoco, éstas últimas, en el Estado de México.

FIGURA 1. Región Hidrológico-Administrativa XIII



Finalmente, en 2004 se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), en donde aparece, por primera vez, el concepto de Organismos de Cuenca, así como su misión, visión y sus principales atribuciones, mismas que se detallan a continuación:

Misión

Administrar y preservar las aguas nacionales en su ámbito Regional Hidrológico-Administrativo, con la participación de la sociedad, para el uso sustentable del recurso y el desarrollo integral.

Visión

Ser una entidad de calidad técnica con autonomía administrativa y financiera en la gestión integral del agua, con la participación de los usuarios organizados.

Atribuciones

Conforme a lo establecido por el Artículo 67 del Reglamento Interno de la CONAGUA, el Organismo tienen las siguientes atribuciones:

- Autonomía ejecutiva, técnica y administrativa, en el ejercicio de sus funciones, y en el manejo de los bienes y recursos humanos, materiales y financieros que se les destinen, de conformidad con lo que establece el marco normativo aplicable.
- Generar sus respectivos programas hídricos regionales, considerando los programas de carácter local o estatal y subprogramas en congruencia con la Política Hídrica Nacional y el Programa Nacional Hídrico.
- Considerar las propuestas que formule su Consejo Consultivo, para la consecución de los objetivos de sus programas y acciones en materia hídrica.
- Proponer al Director General de la Comisión Nacional del Agua, para su aprobación, el orden de prelación de usos del agua, para su aplicación en condiciones normales, y considerar las acciones y propuestas de los Consejos de Cuenca que correspondan y se constituyan dentro de su circunscripción.
- Ejercer atribuciones en materia fiscal, bajo la coordinación de la unidad administrativa del nivel nacional competente, la cual realizará funciones de supervisión respecto del ejercicio de dichas atribuciones.

De igual forma de acuerdo al artículo 68 del referido Reglamento, con independencia de las atribuciones que conforme el marco jurídico y normativo aplicable, el Organismo de Cuenca podrá ejercer las atribuciones conferidas a las unidades administrativas del nivel nacional conforme a lo siguiente:

- Ordenar, substanciar procedimientos, expedir títulos de concesión, otorgar autorizaciones, prórrogas de concesiones o asignaciones, permisos de descarga o de construcción, resolver solicitudes sobre la caducidad, revocación, nulidad o terminación de dichas concesiones, asignaciones, autorizaciones o permisos, y emitir actos de autoridad en las materias de la competencia de las Subdirecciones Generales de Administración del Agua; de Infraestructura Hidroagrícola; de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, así como Técnica,

y de las que correspondan a las unidades administrativas adscritas a las mismas, y

- Apoyar a las unidades administrativas en el ejercicio de las atribuciones a que se refieren los siguientes incisos:
 - Determinar la disponibilidad de aguas nacionales, superficiales o del subsuelo existente en una cuenca hidrológica, subcuenca o acuífero dentro de la RHA;
 - Establecer prioridades nacionales, de programas especiales de carácter interregional e intercuenas para lograr una mejor gestión y administración de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes y de medidas transitorias que deban aplicarse, en situaciones de emergencia, escasez extrema o sobre explotación, para garantizar el establecimiento del uso doméstico y público urbano.
 - Regular la transmisión de derechos, a nivel Nacional y Regional Hidrológico-Administrativo, por cuenca hidrológica, entidad federativa, zona o localidad, dentro de una misma cuenca o acuífero.

Estructura Orgánica del OCAVM

Para el ejercicio de sus atribuciones y funciones de acuerdo a los artículos 11 y 74 del Reglamento Interior de la CONAGUA, el Organismo se conforma por las siguientes Unidades Administrativas:



Presupuesto y recaudación del OCAVM

El sector hidráulico en la región presenta serios problemas de recursos económicos, algunos relacionados a la deficiencia en la capacidad de recaudación y cobranza, así como en el alto porcentaje de fugas en las redes de distribución y, por otra parte, en las tarifas que en muchos casos no son suficientes para recuperar los costos de operación y conservación de los sistemas.

La problemática en el sector no sólo ocasiona la falta de recursos para realizar proyectos y obras nuevas, sino que suelen ser limitados y apenas suficientes para sobrellevar la subsistencia institucional. A continuación se presentan algunos aspectos relacionados a la administración y finanzas del agua en la región.

Presupuesto

El presupuesto autorizado al OCAVM para el año 2018 de acuerdo al Programa Anual de Obra Pública (PAOP) de la CONAGUA es de \$709.0 mdp que contiene la integración de proyectos de las obras pluri-anales y anuales. Dichos recursos son asignados para la operación, mantenimiento, rehabilitación y conservación de infraestructura hidráulica (este presupuesto no incluye adquisiciones y servicios).

Recaudación

La recaudación de este Organismo respecto al año 2017 por el concepto de uso, aprovechamiento o explotación de las aguas propiedad de la nación y sus bienes inherentes ascienden a los \$9 106.50 mdp, la cual puede ser consultada para mayor detalle en la siguiente dirección electrónica:

[https://datos.gob.mx/busca/database/recaudación-de-conagua.](https://datos.gob.mx/busca/database/recaudación-de-conagua)

3.3 Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX)

Otra dependencia que forma parte de la comisión metropolitana es el Organismo Público Descentrali-

zado, Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), quien a partir del 1 de enero de 2003 entró en funcionamiento al fusionarse la entonces Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) y la Comisión de Aguas de la Ciudad de México (CADF).

El SACMEX con el fin de crear los mecanismos más adecuados que permitan proporcionar los medios para lograr una eficiente distribución de los servicios hidráulicos así como la modernización de los sistemas para su operación estable la siguiente misión, visión y objetivos:

Misión

Prestar a los habitantes de la Ciudad de México, los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales en cantidad y calidad suficiente, mediante el uso eficiente de los recursos del Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

Visión

Satisfacer las demandas de servicios hidráulicos de los habitantes de la Ciudad de México, de manera eficiente, suficiente y sustentable.

Objetivos

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México está sectorizado de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, con base en el decreto por el cual se creó y tiene los siguientes objetivos:

- Prestar los servicios públicos de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y reutilización;
- Operar, mantener y construir la infraestructura hidráulica; y
- Explotar, usar, aprovechar las aguas, su distribución y control.

De esta manera se evita la duplicidad de funciones, mismas que se enlistan a continuación.

Funciones

- Formular, actualizar y controlar el desarrollo del programa de operación hidráulica de la Ciudad de México, así como los estudios y proyectos de abastecimiento de agua potable y reaprovechamiento de aguas residuales, construyendo y conservando las obras de infraestructura hidráulica y de drenaje que requiere la ciudad, en coordinación con las autoridades competentes.
- Operar y conservar los sistemas de aprovechamiento y distribución de agua potable y alcantarillado de la Ciudad de México, así como supervisar y vigilar su funcionamiento de las mismas
- Proyectar y ejecutar las obras de prevención y control de inundaciones, hundimientos y movimientos de suelo, siempre y cuando sean de tipo hidráulico.
- Autorizar y supervisar las conexiones del sistema de agua potable, así como la construcción y conservación de pozos y manantiales, ampliando y mejorando los sistemas de agua potable de la Ciudad de México.

Estructura Orgánica del SACMEX

Con la finalidad de establecer una coordinación eficiente dentro de sus diversas direcciones, el SACMEX se conforma por las siguientes unidades:

Dirección General	Dirección Jurídica
	Dirección Ejecutiva de Operación
	U. D. de Redes Sociales y Medios de Comunicación
	Dirección de Fortalecimiento Institucional
	Dirección Ejecutiva de Construcción
	Subdirección de Apoyo Técnico
	Dirección Ejecutiva de Servicios a Usuarios
	Dirección Ejecutiva de Programación y Proyectos
	Dirección de la Unidad de Igualdad Sustantiva
	Dirección General Administrativa
	Dirección de Tecnologías y Sistemas Administrativos

3.4 Comisión del Agua del Estado de México (CAEM)

En coordinación con las dos instituciones anteriores la CAEM es otro elemento fundamental en esta comisión y tiene su origen en la creación de la Comisión de Agua y Saneamiento, como organismo dependiente del Poder Ejecutivo del Gobierno del Estado de México en el año de 1971.

Posteriormente, el 10 de julio de 1974 nace la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de México, conocida como CEAS; con personalidad jurídica y patrimonios propios, creada para dotar, ampliar y mejorar el suministro de agua potable y alcantarillado, en beneficio de las comunidades urbanas y rurales mediante la construcción, conservación, mantenimiento, operación y administración de los sistemas.

Dada la dinámica demográfica del estado, la legislatura del Estado de México aprobó el proyecto para la creación del Organismo Público Descentralizado denominado Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), para seguir adelante en el cumplimiento de los servicios hidráulicos. Todo esto es realizado de acuerdo con la Ley del Agua del Estado de México, promulgada en 1999, por lo que la CAEM entra en operación en enero de 1999. Esta primera estructura estaba integrada por 165 unidades administrativas (una vocalía ejecutiva, cuatro direcciones generales, ocho direcciones de área, 34 subdirecciones, 19 gerencias y 99 departamentos).

Actualmente la CAEM es un organismo auxiliar de la Secretaría del Agua y Obra Pública del Gobierno del Estado de México y cuenta con 175 unidades administrativas.

Misión

Es un organismo público descentralizado, dedicado a administrar con responsabilidad, eficiencia y calidad los recursos hídricos e hidráulicos para satisfacer la demanda de los mexiquenses, fomentando la conciencia del buen uso, reúso y cuidado del agua, para lograr la sustentabilidad.

Visión

Ser reconocido como un organismo público autosuficiente, innovador y solidario, que planea, coordina

y satisface la demanda de los recursos hídricos a los mexiquenses; comprometidos con la generación de ciencia y tecnología a favor de la sustentabilidad y la gestión del buen uso y destino del agua.

Objetivos

Como parte de los objetivos principales de la CAEM están:

- Incrementar la cobertura del servicio de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en el Estado de México.
- Suministrar agua en bloque en cantidad y calidad.
- Apoyar a los municipios en la operación y mantenimiento de sus sistemas hidráulicos.
- Fortalecer a los organismos operadores y municipios técnica y administrativamente.

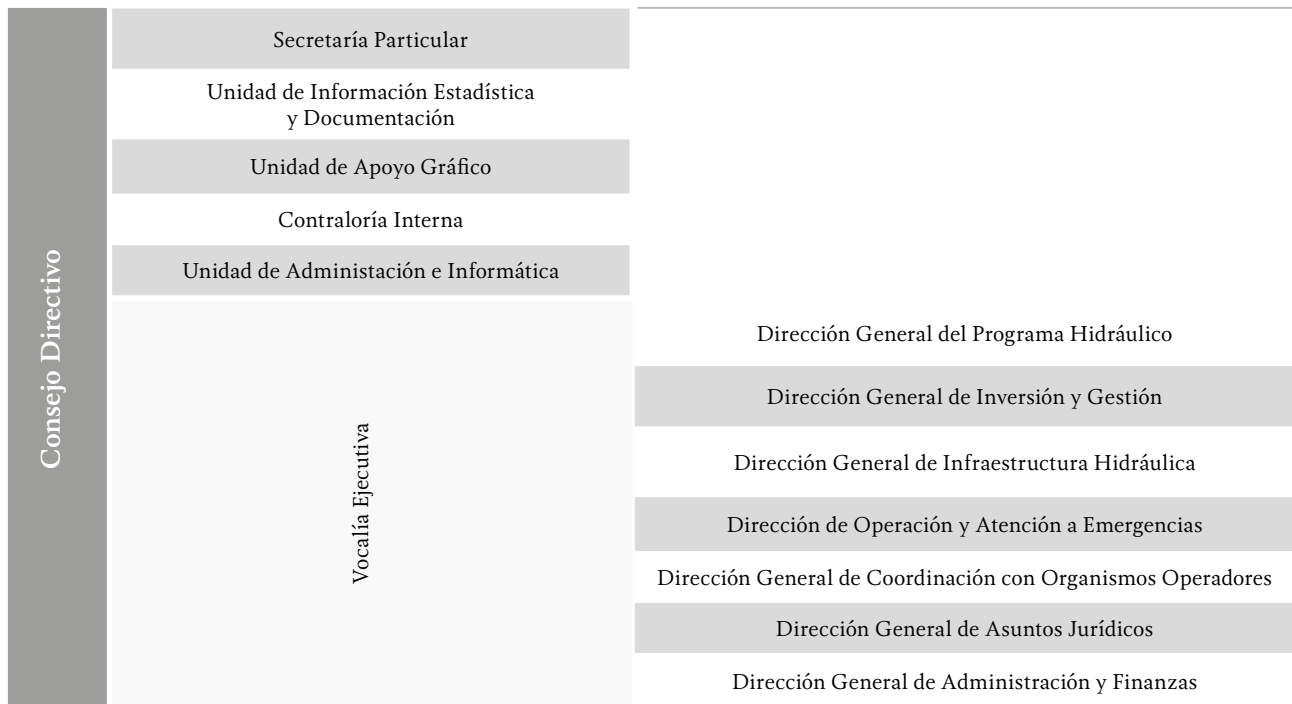
Funciones

Dentro de las principales funciones de la Comisión del Agua del Estado de México se tiene:

- Elaborar, aplicar, evaluar y actualizar el Programa Hídrico Integral Estatal.
- Administrar las aguas de jurisdicción estatal.
- Proporcionar agua en bloque, bajo las condiciones previstas en la presente ley, su reglamento y demás normatividad aplicable.
- Proponer a las autoridades competentes las tarifas de los servicios, en los términos establecidos por la presente ley.
- Operar, mantener, conservar, rehabilitar y administrar la infraestructura hidráulica estatal, así como la que convenga con la Federación, los municipios o los organismos operadores.
- Formar parte del Consejo Estatal de Protección Civil y participar en las acciones de apoyo a la población civil en los términos de la normatividad aplicable.

Estructura Orgánica de la CAEM

Como se mencionó, en el primer apartado, la CAEM actualmente cuenta con cuenta con 175 unidades administrativas para su operación y funcionamiento, que se resume en la siguiente estructura orgánica.



3.5. Organismos Operadores Municipales

En el ámbito de la región, se tiene un total de 45 organismos que atienden los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a nivel municipal, cuatro en el estado de Tlaxcala, 24 en el Estado de México y 17 en el estado de Hidalgo, mismos que se enlistan en las Tablas 1, 2 y 3.

TABLA 1. Organismos Operadores

ESTADO DE TLAXCALA
Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Calpulalpan
Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Sanctorum de Lázaro Cárdenas
Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Nanacamilpa de Mariano Arista
Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Benito Juárez

TABLA 2. Organismos Operadores

ESTADO DE MÉXICO
Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Amecameca
Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Agua (SAPASA), Atizapán de Zaragoza
Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), Chalco
Organismo Descentralizado de Agua Potable y Saneamiento (ODAS), Chicoloapan
Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), Chimalhuacán
Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Coacalco (SAPASAC)
OPERAGUA, Cuautitlán Izcalli
Sistema de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Ecatepec (SAPASE)
Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado Huehuetoca
Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Huixquilucan
Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), Ixtapaluca
Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), Jaltenco
Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), La Paz
Organismo de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (OAPAS), Naucalpan

ESTADO DE MÉXICO
Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), Nezahualcóyotl
Sistema de Agua Potable y Saneamiento de Nicolás Romero (SAPASNIR)
Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (ODAPAS), Tecámac
Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Teoloyucan (OOAPAST)
Organismo Descentralizado de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Teotihuacán (ODAPAST)
Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Tequixquiac
Organismo Público Descentralizado Municipal (OPDM), Tlalnepantla
Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Tultitlán (APAST)

TABLA 3. Organismos Operadores

ESTADO DE HIDALGO
Comisión de Agua y Alcantarillado Sistema Actopan (CAASA)
Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales (CAASIM)
Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Alfajayucan, Hidalgo (CAAMAH)
Dirección de Obras Públicas de Apan Hidalgo (DOPAH)
Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Atitalaquia, Hidalgo (CAPASMAH)
Organismo Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Cardonal (CARDONAL)
Sistema de Agua Potable de Chapantongo, Hidalgo (SAPCH)
Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo (CAPASMIH)
Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mixquiahuala, Hidalgo (CAAMM)
Comisión de Agua y Alcantarillado deL Sistema Valle del Mezquital (CAASVAM)
Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Progreso de Álvaro Obregón (CAAMPAO)
Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de San Agustín Tlaxiaca (CAPASSA)
Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de San Salvador, Hidalgo (CAAMSSH)
Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo (CAAMTROH)
Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Tizayuca, Hidalgo (CAAMTH)
Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Tula de Allende (CAPYAT)
Comisión de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Zapotlán de Juárez (CAPASMZJ)

Recaudación

La mayoría de los organismos operadores de agua en la región cuenta con recursos limitados para atender las necesidades de ampliación y mantenimiento de la infraestructura y para mejorar la calidad de los servicios que prestan, además de la insuficiencia de fondos que se deriva de una, cada vez más limitada, inversión federal y estatal en el sector, de candados que impiden ajustar las tarifas para cubrir el costo real de abasto de agua y de la ineficiencia de los organismos para facturar y cobrar el consumo de líquido.

De acuerdo con estimaciones de la CONAGUA, únicamente el 49% del agua que producen los organismos operadores es facturada; el resto se pierde en fugas o bien, es entregada a los usuarios sin ser cobrada.

Adicionalmente, con la finalidad de favorecer el desarrollo y autosuficiencia de los organismos operadores y brindar mejores servicios a la población, el Gobierno Federal, a través de la CONAGUA, promueve diferentes programas que se mencionan en el Capítulo 7.

3.6 Comisión Metropolitana de Drenaje

La infraestructura hidráulica es intrincada y las dependencias gubernamentales que intervienen son diversas tanto en estructura como en funciones, respecto a esta interrelación, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el Artículo 115 fracción VI, establece que cuando dos o más centros urbanos situados en territorios municipales de dos o más entidades federativas formen o tiendan a formar una continuidad demográfica, la Federación, las entidades federativas y los municipios respecti-

vos, en el ámbito de sus competencias, planearán y regularán de manera conjunta y coordinada el desarrollo de dichos centros urbanos.

Por lo anterior, se reconoce la necesidad de atender y resolver problemas complejos derivados de la planeación, operación y desarrollo de sistemas hidráulicos de la zona metropolitana y se integra la Comisión de Agua y Drenaje del Área Metropolitana a través del Convenio de Coordinación celebrado entre el Departamento del Distrito Federal, la Comisión Nacional del Agua y el Gobierno del Estado de México, mismo que fue publicado en el Diario Oficial de la Federación con fecha 15 de febrero de 1995.

Una vez instalada dicha Comisión, el 23 de enero de 2001 se suscribió el “Protocolo de Operación Conjunta DGCOH-CNA para el Sistema Hidrológico del Valle de México” con el objetivo de describir los acuerdos de coordinación para operar el sistema hidrológico del Valle de México durante la época de lluvias. En otro esfuerzo por instalar un protocolo de coordinación, el 14 de mayo de 2013 se firmó el Protocolo de Operación conjunta para la Temporada de Lluvias 2013, que coordinará acciones para mitigar efectos y evitar inundaciones durante la temporada de lluvia.

No obstante a las acciones antes mencionadas, se consideró necesario establecer la “Comisión para la Operación de la Infraestructura Metropolitana de Drenaje” mediante un Convenio de Colaboración firmado el 24 de junio de 2014, esta Comisión deberá conjuntar esfuerzos, promover, orientar acciones, dar seguimiento y evaluar los acuerdos de coordinación entre los diferentes niveles de gobierno, así como crear sistemas, mecanismos administrativos, técnicos y financieros que aseguren una coordinación permanente; así como observar y asegurar el cumplimiento del Protocolo de Operación Conjunta para la Atención de Fenómenos Hidrometeorológicos en la Zona Metropolitana del cual se habla a detalle en el Capítulo 5.



CAPÍTULO 4

INFRAESTRUCTURA DEL
SISTEMA DE DRENAJE
DEL VALLE DE MÉXICO



4.1 Introducción

Originalmente las grandes obras de drenaje de la Ciudad de México fueron concebidas para el desalojo de las aguas pluviales provenientes de los ríos del

poniente y del oriente que drenan hacia el centro de la ciudad. Posteriormente, debido al crecimiento demográfico exponencial, las aguas residuales tuvieron que ser descargadas al sistema de drenaje pluvial y para ello se llevó a cabo el entubamiento de las principales corrientes (Fig. 1).

FIGURA 1. Ríos de la Ciudad de México



Para resolver la problemática del desalojo de las aguas residuales y pluviales en el Valle de México, desde la segunda mitad del siglo XX, se han realizado grandes obras de infraestructura integradas por cuerpos de regulación, canales, túneles profundos, plantas de bombeo y plantas de tratamiento. A la infraestructura física en su conjunto se le conoce, hoy en día, como Sistema Hidrológico del Valle de México.

4.2. Salidas Artificiales

Debido a la naturaleza endorreica de la cuenca del Valle de México, desde 1607 se han construido salidas artificiales para el desalojo de las aguas hacia el norte del Valle.

Actualmente, existen **cuatro salidas** y próximamente una quinta una vez que entre en operación el Túnel Emisor Oriente (Fig. 2):

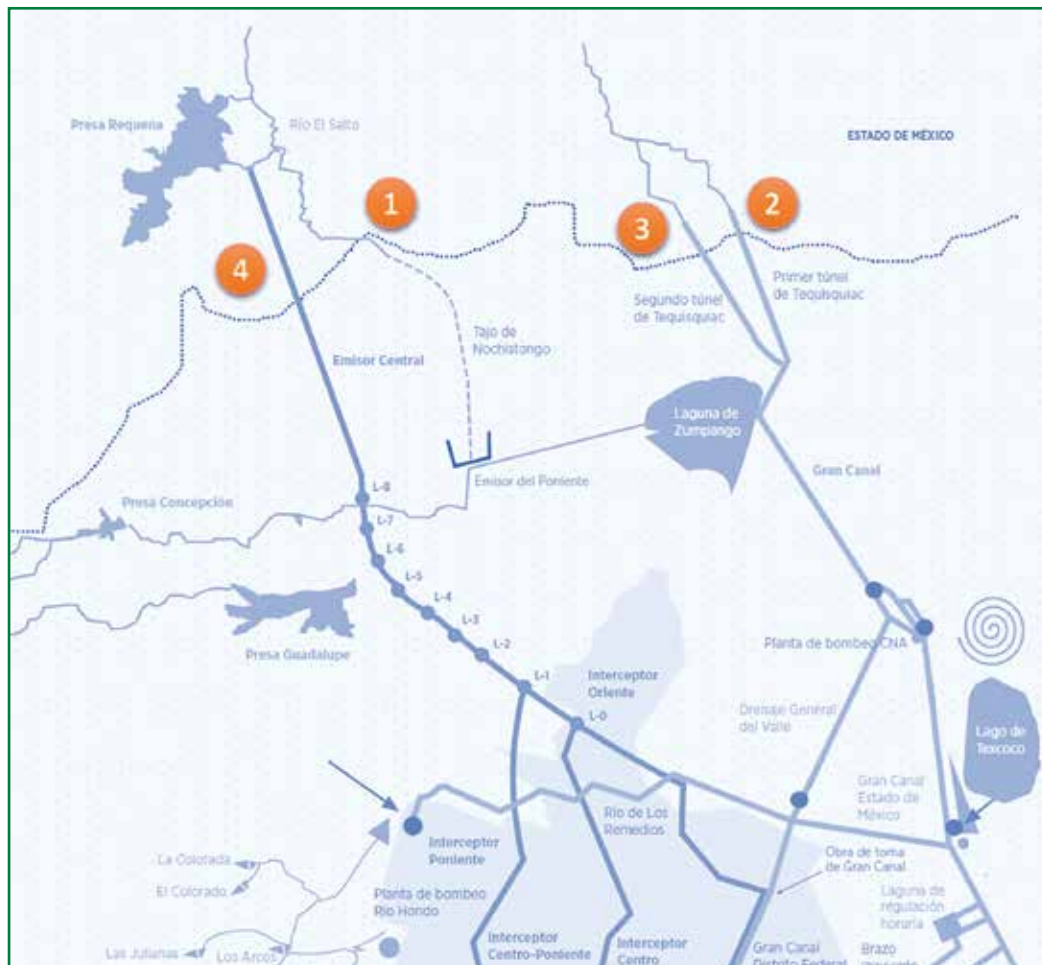
1) Tajo de Nochistongo

Inició su construcción en 1607 y finalizó hasta 1789. Ubicado al noroeste del valle, es la primera salida artificial con una longitud de 13 km y capacidad para conducir hasta 40 m³/s. Actualmente **desaloja las aguas del Emisor del Poniente** y descarga en el río El Salto en la frontera entre los estados de México e Hidalgo.

2) Túnel Viejo de Tequixquiac

También llamado “Primer Túnel de Tequixquiac”, fue inaugurado en 1900 para el **desalojo de las aguas del Gran Canal de Desagüe** en el río Tequixquiac en el Estado de México (Fig. 3). Se localiza al noreste del valle y fue diseñado para conducir un caudal de 16 m³/s. Su trazo es recto, cuenta con 10.10 km de longitud y 24 lumbreras.

FIGURA 2. Salidas artificiales del Sistema de Drenaje del Valle de México



**FIGURA 3. Portal de salida,
Primer Túnel de Tequixquiac**



3) Túnel Nuevo de Tequixquiac

También llamado “Segundo Túnel de Tequixquiac”, inició su operación en 1946 y fue diseñado, al igual que el primer túnel, con el propósito de **aumentar la capacidad de desalojo de las aguas residuales y de lluvia del Gran Canal de Desagüe** hacia la cuenca para descargar en el río Tequixquiac en el Estado de México. Fue diseñado para un caudal de $60 \text{ m}^3/\text{s}$, tiene una longitud de 11.30 km y cuenta con 10 lumbreras a lo largo de su trazo (Fig. 4).

FIGURA 4 . Gran Canal del Desagüe a la llegada al Segundo Túnel de Tequixquiac



4) Túnel Emisor Central

Fue inaugurado en 1975, como parte de las obras del Drenaje Profundo. El Emisor de 50 km de longitud, fue diseñado para un gasto de $220 \text{ m}^3/\text{s}$. **Recibe las aguas de 9 interceptores** y descarga en el río El Salto en el Estado de Hidalgo.

4.3. Gran canal de desagüe

La construcción de esta importante obra de desagüe inaugurada en 1900, tuvo como propósito principal reducir el agua que se vertía al lago de Texcoco, con un nivel más bajo, proveniente de los lagos de San Cristóbal, Xaltocan y Zumpango, receptores del río Cuautitlán. La obra desembocaría al río Tula y sus afluentes, el Moctezuma y el Pánuco, lo que permitiría conducir el agua por 300 kilómetros desde la cuenca hasta el Golfo de México. Así, las obras del Gran Canal de Desagüe se conformaron por tres elementos principales:

- 1) La construcción de un canal de 47.5 kilómetros de largo que iniciaba al oriente de la ciudad, en la Garita de San Lázaro, para atravesar el lago de Texcoco y pasar por los lagos San Cristóbal y Xaltocan, hasta concluir cerca del pueblo de Zumpango.
- 2) La construcción del **1er Túnel de Tequixquiac** que iniciaba en este último punto y culminaba en Tequixquiac, con una longitud de 10.10 kilómetros cuya sección transversal era de forma oval, contando a lo largo de su trayecto con 24 lumbreras que fungían como respiraderos.
- 3) El desarrollo de un **tajo de salida de 2.5 kilómetros** ubicado al final del túnel cuya extensión era de 2.5 kilómetros y que se unía al final de su trayecto con el río Tequixquiac (también llamado río Salado).

Esta obra, que destacó por su magnitud y por ser la primera red de drenaje por gravedad, demandó la labor de una gran cantidad de personal y la aplicación de importantes recursos económicos provenientes de los diferentes niveles de gobierno, destacando la utilización de la tecnología y las técnicas más modernas de la época.

Actualmente, debido al constante hundimiento de la Ciudad de México, el Gran Canal del Desagüe ha perdido la pendiente que le permitía descargar por gravedad, por lo que drena la parte baja de la ciudad con el apoyo de **12 plantas de bombeo**, entre ellas

la PB 11+600 y PB 11+800 con capacidad para 20 y 40 m³/s, respectivamente, siendo esta última la capacidad máxima de conducción del canal.

A lo largo de su trazo, el Gran Canal del Desagüe recibe las aportaciones del Canal General, río de la

Compañía (también llamado Dren General del Valle), río Churubusco, río de La Piedad, río Consulado y río de Los Remedios. El bombeo se realiza hacia los Túneles de Tequixquiac para seguir su curso en sentido norte hasta la cuenca del río Tula y abastecer los canales de riego agrícola (Fig. 5).

FIGURA 5. Trazo del Gran Canal del Desagüe



4.4. Subsistema Poniente

Las cuencas de los ríos al poniente de la ciudad, son de menor extensión que al oriente y las pendientes de los cauces son más pronunciadas, lo que se traduce en cuencas de respuesta rápida con tiempos de concentración cortos. Con el crecimiento de la mancha urbana de la ZMVM, en las primeras décadas del siglo pasado, ocurrieron una serie de inundaciones en el centro de la ciudad, originadas por los escurrimientos de los ríos al poniente del valle, por lo que en 1929 se tuvo conocimiento que no sólo el río Cuautitlán ni el lago de Texcoco podían inundar la Ciudad de México.

Para hacer frente a la problemática, se comenzó a construir el Subsistema Poniente compuesto por una serie de obras de infraestructura que incluyeron el entubamiento de ciertas corrientes y presas interconectadas por medio de túneles para controlar los picos de las avenidas de todos los ríos del poniente; comenzando con la construcción de la presa Tecamachalco, seguida de las presas: San Joaquín, la derivadora del Tornillo, que desviaba las aguas del arroyo del Tornillo hacia el río Hondo, Becerra, Tacubaya, Mixcoac, el Capulín y se entubó el río Consulado y el río La Piedad (Fig. 6).

FIGURA 6. Subsistema Poniente



En la actualidad, el subsistema poniente está integrado por:

- **17 presas para control de avenidas:** Anzaldo, Texcalatlaco, Tequilasco, La Mina, Las Flores, Pilares, Tarango, Mixcoac, C de Becerra, B de Becerra, A de Becerra, Tacubaya, Ruiz Cortines, Dolores, Barrilaco, Tecamachalco y San Joaquín.
- **6 Túneles de interconexión** para el trasvase de volúmenes entre presas (Anzaldo-Texcalatlaco, Tequilasco-Tarango, Mixcoac-C de Becerra, C de Becerra-Tacubaya, Tacubaya-Tecamachalco y Tecamachalco-San Joaquín).
- **Interceptor del Poniente**, construido como obra de auxilio al Gran Canal del Desagüe y a la red de colectores. Esta obra intercepta las descargas de las presas del poniente y consta de un túnel y un canal revestido que sigue el cauce del río Hondo en sentido norte hasta el Vaso de Cristo, donde desemboca, lo cual evita que los torrentes de los ríos del Poniente escurran sin control hacia el centro de la ciudad.

Hoy en día, el crecimiento demográfico y la construcción de nuevos desarrollos habitacionales en las zonas altas al poniente del valle, ha comprometido considerablemente la operación de los vasos reguladores, debido a que en la mayoría de éstos existen asentamientos humanos al interior de los embalses, que impiden el incremento de niveles y restringen la capacidad de almacenamiento (Fig. 7).

FIGURA 7. Construcciones al interior del vaso de la presa Tecamachalco



Por otra parte, la falta de cultura y servicios de recolección de basura adecuados en las zonas altas y densamente pobladas al poniente del valle, ha provocado que la basura sea arrojada a las barrancas y ríos, ocasionando la acumulación de residuos en los embalses y afectando de manera significativa la operación de los cuerpos de regulación, obras de toma y túneles de interconexión (Fig. 8).

FIGURA 8. Acumulación de residuos en la Presa C de Becerra



4.5. Drenaje Profundo

A pesar de las diversas obras desarrolladas con el propósito de satisfacer las necesidades de drenaje de una urbe en rápido crecimiento como la Ciudad de México, sus capacidades comenzaban a verse rebasadas en el año de 1959. El hundimiento mostrado por el doctor Nabor Carrillo era aún más evidente, al ubicarse el nivel del lago de Texcoco 5.50 metros por arriba de la elevación del centro de la ciudad respecto a los 1.90 metros por debajo que se encontraba en el año 1910. Estas condiciones evidenciaron la necesidad de contar con un sistema de drenaje que por sus características de construcción no fuera afectado por los hundimientos del terreno ni demandará el uso de bombeo al operar por gravedad. Además, el sistema debía expulsar las aguas por una nueva salida artificial, dando origen a lo que hoy se conoce como el Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México.

La primera etapa de su desarrollo fue concluida con la construcción del Túnel Emisor Central cuya función es conducir fuera de la cuenca del Valle de México las aguas del Sistema de Drenaje Profundo; su trayecto inicia en Cuatepec, en la delegación Gustavo A. Madero, y su recorrido lo lleva a descargar en el río El Salto, a partir de donde las aguas son conducidas

hasta la presa Requena y más adelante al río Tula y a la presa Endhó (Fig. 9). Por un lado esta última satisface las demandas de riego de la zona; por otro, el río Tula es influente del Moctezuma y éste a su vez del Pánuco, que descarga en el Golfo de México.

FIGURA 9. Portal de Salida del Emisor Central



Actualmente, el drenaje profundo está compuesto por las estructuras que se describen a continuación (Fig. 10):

- Emisor Central. Se construyó entre los años 1967 y 1975, actualmente tiene una longitud de operación de 50 kilómetros a una profundidad que va desde los 40 a los 220 metros; tiene un diámetro de 6.5 metros y una capacidad de conducción de 220 m³/s.

FIGURA 10. Vista al interior del Emisor Central (1975)



El Emisor Central recibe el influente de los siguientes interceptores:

Interceptor Central

Recorre desde el cruce de las avenidas Doctor Vértiz y Obrero Mundial, donde se ubica la lumbrera 4A, hasta la lumbrera 0 del Emisor Central, en Cuauhtepic; en su trayecto alivia al río La Piedad y capta los colectores: Tabasco, 5 de Mayo, Héroes, río Consulado, Cuitláhuac, Fortuna y Moyobamba; cuenta también con obras de toma de los ríos: Los Remedios, Tlalhepantla, San Javier y Cuauhtepic; beneficiando a las delegaciones Gustavo A. Madero, Azcapotzalco, Cuauhtémoc y parte de la Benito Juárez.

Interceptor Oriente

Su tramo norte principia en las calles de Agiabampo y Troncoso, desde donde se dirige hasta la calzada Zaragoza, punto en donde el túnel es desviado para continuar en forma paralela al Gran Canal hasta la calzada San Juan de Aragón, posteriormente se dirige hacia el oriente para alcanzar la avenida Eduardo Molina y así llegar hasta la lumbrera 8C ubicada en la colonia Salvador Díaz Mirón, y termina en la lumbrera 0 del Emisor Central, en Cuauhtepic. Hacia el sur, el Interceptor Oriente corre por el Eje 3 Oriente a partir de la calle Agiabampo, en la intersección con el Interceptor Centro-Oriente en la lumbrera 4, hasta la avenida Taxqueña, donde se conecta al Interceptor Canal Nacional- Canal de Chalco. En el cruce con la calle Tlazintla se ubica la lumbrera 3, cercana a ella es captado el colector Plutarco Elías Calles directamente al túnel. En la lumbrera 2, ubicada en la esquina con avenida Apatlaco, capta al colector del mismo nombre. Las aguas del cauce entubado del río Churubusco son captadas en la lumbrera 1.

La función principal del Interceptor Oriente es aliviar al Gran Canal de Desagüe a través de la obra de toma que concentra gran parte del drenaje del centro y norte de la Ciudad de México.

Interceptor Oriente Sur

Tiene una longitud de 13.8 kilómetros y una profundidad que va de los de 20 a 25 metros; tiene un diámetro de cinco metros y una capacidad de conducción de 40 m³/s.

FIGURA 11. Construcción de lumbrera del Emisor Central (hacia 1970)



Interceptor Centro-Poniente

Con una longitud de 16 kilómetros tiene una profundidad que va de los de 20 a 51 metros; cuenta con un diámetro de cuatro metros y una capacidad de conducción de 40 m³/s. Se inicia en la lumbrera 14 del Interceptor Poniente cerca del museo de la Comisión Federal de Electricidad en la segunda sección del Bosque de Chapultepec, terminando en la lumbrera 1 del Emisor Central, en el cerro del Tenayo.

Posee estructuras de captación de cinco lumbreras que captan a los colectores: Rubén Darío, Río San Joaquín, Refinería Trujillo, Salomón Lerdo de Tejada y al Colector 15; beneficia a gran parte de las delegaciones Miguel Hidalgo y Azcapotzalco, además del Interceptor del Poniente en la lumbrera 14.

Interceptor Centro-Centro

Con una longitud de 3.7 kilómetros tiene una profundidad promedio de 26 metros; cuenta con un diámetro de cinco metros y una capacidad de conducción de 90 m³/s.

Interceptor Oriente-Oriente

Tiene una longitud de 3.4 kilómetros y una profundidad de 20 metros; tiene un diámetro de cinco metros y una capacidad de conducción de 40 m³/s.

Interceptor Obrero Mundial

Tiene una longitud de 0.8 kilómetros y una profun-

dididad de 16 metros; cuenta con un diámetro de 3.2 metros y una capacidad de conducción de 20 m³/s.

Túnel Emisor del Poniente:

Con 32.3 km de longitud y capacidad para 80 m³/s, recibe el influente de los siguientes interceptores:

- **Interceptor Poniente.** Con una longitud de 16.2 kilómetros tiene una profundidad que va de los de 12 a 35 metros; tiene un diámetro de cuatro metros y una capacidad de conducción de 25 m³/s.
- **Interceptor Iztapalapa.** Tiene una longitud de 5.5 kilómetros y una profundidad que va desde 10 a los 16 metros; cuenta con un diámetro de 3.1 metros y una capacidad de conducción de 20 m³/s.
- **Interceptor Canal Nacional-Canal de Chalco.** Tiene una longitud de 11.6 kilómetros y una profundidad que va desde 10 a los 180 metros; tiene un diámetro de 3.1 metros y una capacidad de conducción de 20 m³/s.
- **Interceptor Gran Canal.** Tiene una longitud de 1 kilómetro con diámetro de 3.1 metros y una capacidad de conducción de 90 m³/s.

Actualmente, el Sistema de Drenaje Profundo cuenta con **166 kilómetros de túneles en operación**, siendo la tercera salida de desalojo de aguas residuales y pluviales del valle.

FIGURA 12. Construcción de la Bóveda del Interceptor del Poniente (1964)



En los años posteriores y hasta el día de hoy, la cantidad de componentes que integran el Sistema de Drenaje Profundo se ha incrementado de manera paulatina y se han desarrollado obras de conducción, almacenamiento y plantas de bombeo sobre el Gran Canal, que permiten desviar las aguas durante el estiaje hacia los túneles de Tequixquiac:

Planta de bombeo El Caracol

Indispensable para funcionamiento del Túnel Emisor Oriente, con capacidad de 40 m³/s; recibe agua del primer tramo del Túnel Emisor Oriente y bombea al Gran Canal de Desagüe, en donde la pendiente de éste no se encuentra afectada por los hundimientos del suelo y los caudales escurren por gravedad hacia el estado de Hidalgo.

Sistema Oriente – Sur:

Túnel Río de la Compañía (TRC)

Sustituye al antiguo canal del río de la Compañía, deteriorado por deformaciones del suelo. Su diámetro es de 5 metros; tiene 7 kilómetros de longitud y su capacidad para transportar alcanza los 40 m³/s de aguas residuales y de lluvias de la zona de Chalco.

Colector sanitario Ducto de Estiaje

Seis kilómetros de longitud y sección de concreto armado de 3.5 metros por 3 metros, con una capacidad de conducción de 16 m³/s.

Planta de bombeo La Caldera

Indispensable para el funcionamiento del Túnel Río de la Compañía, tiene capacidad para manejar 40 m³/s de aguas residuales y de lluvias.

Sistema Oriente – Centro

Túnel Interceptor Río de los Remedios (TIRR)

Tiene 10 kilómetros de longitud y cinco metros de diámetro, con 80 m³/s de capacidad. Inicia en la delegación Gustavo A. Madero de la Ciudad de México y termina en el municipio de San Salvador Atenco, Estado de México.

Planta de bombeo Casa Colorada Profunda

Tiene capacidad para bombear hasta 40 m³/s de aguas residuales y de lluvias. Operaba únicamente cuando se requiere enviar los excedentes de lluvia a la laguna de regulación Casa Colorada. La laguna de Regulación Casa Colorada, que anteriormente permitía regular gastos pico durante inundaciones.

TABLA 1. Características de los elementos que integran el Sistema de Drenaje Profundo

Nombre del Túnel	Diámetro (m)	Capacidad de conducción (m ³ /s)	Profundidad promedio (m)	Longitud de proyecto (km)	Longitud de operación (km)	Periodo de construcción	No. De lumbreras
Emisor Central	6.5	220	48-217	50	50	1967-1975	23
Interceptores	-	-	-	-	-	-	-
Central	5	90	22-41	22-28	16.1	1976-1975	15
Oriente	5	85	20-50	28	28	1967-1975 1987-1990	22
Oriente-Sur	5	40	20-25	13.8	13.8	1990-1997	9
Centro-Poniente	4	40	20-51	16	16	1975-1982	9
Poniente	4	25	12-35	16.2	16.2	1960	27
Centro-Centro	5	90	25-26	3.7	3.7	1986-1988	4
Oriente-Oriente	5	40	20	7.3	3.4	1997	6
Iztapalapa	3	20	10-16	5.5	5.5	1994	6
Canal Nacional-Canal de Chalco	3.1-3.2	20	10-18	16.3	11.64	1987	10
Obrero Mundial	3.2	20	16	0.8	0.8	1987	3
Gran Canal	3.1	90	-	1.01	1.01	-	-
Indios Verdes	3.1	-	15-28	2.76	-	-	-
Ermita	3.1	-	12-16	6.58	-	-	-
Cuautepec	3.1	-	-	1.82	-	-	-

FIGURA 13. Principales elementos del Sistema del Drenaje Profundo



4.6. Cuerpos de regulación

Con el propósito de disminuir los caudales que ingresan al Sistema de Drenaje y evitar la saturación de las conducciones durante los eventos de lluvia, el Sistema Hidrológico del Valle de México cuenta con los siguientes cuerpos de regulación, cuya función es almacenar y regular los picos de las avenidas para posteriormente descargar de forma paulatina al sistema de drenaje:

Laguna de Zumpango

Se ubica en el Municipio del mismo nombre en Estado de México al norte del valle. Con una superficie de 1 865 ha y capacidad de almacenamiento de 100 millones de m³, durante aproximadamente dos meses de la temporada de lluvias, recibe a través del canal Santo Tomás, una parte de las aguas del río Cuautitlán y del Emisor Poniente. El agua almacenada en la laguna es aprovechada para fines agrícolas y el resto se deriva hacia el Gran Canal del Desagüe antes del portal de entrada del Segundo Túnel de Tequiquiac (Fig. 14).

FIGURA 14. Vista panorámica de la Laguna de Zumpango



Vaso de Cristo

Se ubica en el municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México, en la frontera con la Ciudad de México. Con una extensión de 130 ha y capacidad de almacenamiento de 4 millones de m³, recibe las aguas del Interceptor del Poniente, río Hondo y río de Los Remedios. Deriva las aguas ya reguladas a éste último y al Emisor del Poniente (Fig. 15).

FIGURA 15. Vista panorámica el Vaso de Cristo



Vaso Fresnos

Se localiza en el municipio de Tlalnepantla, Estado de México en la frontera con la Ciudad de México. Con una superficie útil de 19 hectáreas y capacidad de almacenamiento de 750 mil m³, regula los caudales del río de Los Remedios en conjunto con el Vaso de Cristo y Vaso Carretas.

Vaso Carretas

Se ubica en el municipio de Tlalnepantla, Estado de México en la frontera con la Ciudad de México al este del vaso fresnos. Con capacidad de almacenamiento de 950 mil m³ contribuye al control de las avenidas del río de Los Remedios de manera conjunta con los vasos de Cristo y Fresnos.

FIGURA 16. Vista panorámica del Vaso Carretas



Laguna Cuauhtepac

Se localiza en el extremo norte de la Ciudad de México, en la Delegación Gustavo A. Madero, en las faldas de la Sierra de Guadalupe. Con capacidad de almacenamiento de 175 mil m³, regula las avenidas del río Cuauhtepac para descargar a éste último hasta su incorporación al Sistema de Drenaje Profundo o al río San Javier hasta su incorporación al río de Los Remedios.

Laguna Ciénega Chica

Se ubica al sureste de la Ciudad de México en la delegación Xochimilco. Con capacidad de almacenamiento de 1.2 millones de m³, recibe las aportaciones de los colectores Prolongación División del Norte I y II e Imán. Las aportaciones a la Laguna se realizan por medio de la planta de bombeo San Buenaventura y deriva las aguas reguladas a la Laguna de Regulación Ciénega Grande.

Laguna Ciénega Grande

Se ubica al sureste de la Ciudad de México en la delegación Xochimilco. Con capacidad de almacenamiento de 800 mil m³, recibe las aportaciones de la Laguna Ciénega Chica y deriva las aguas reguladas hacia el río Churubusco.

Laguna San Lorenzo Tezonco

Se localiza al sureste de la Ciudad de México en la delegación Xochimilco. Con una capacidad de almacenamiento de 600 mil m³, regula los escurrimientos del norte de la delegación Tláhuac y deriva las aguas reguladas hacia el colector Canal de Chalco hacia el río Churubusco.

Laguna Iztapalapa

Ubicada en la delegación del mismo nombre, la laguna con capacidad de almacenamiento de 47 mil m³, regula los escurrimientos de los colectores Santa Marta y Ejército de Oriente para después ser derivados hacia el Interceptor Iztapalapa.

Presa La Gasera

Se localiza al sureste del valle, en la confluencia de los ríos San Francisco y San Rafael. Con capacidad de almacenamiento de 800 mil m³, está diseñada para almacenar hasta un 55% del volumen producido por lluvias y descargar hasta 30 m³/s hacia el Canal Río de La Compañía.

FIGURA 17. Presa de regulación La Gasera



Laguna El Salado

Se ubica en la delegación Iztapalapa, en la frontera con el Estado de México. Con una superficie de 15 ha y capacidad de almacenamiento de 300 mil m³, regula los caudales de los colectores Kennedy, Las Torres, Zaragoza y Teotongo, a través de la planta de bombeo El Salado, así como al colector Texcoco en la delegación del mismo nombre, la laguna con capacidad de almacenamiento de 47 mil m³, regula los escurrimientos de los colectores Santa Marta y Ejército de Oriente para después ser derivados hacia el Interceptor Iztapalapa.

Lago Nabor Carrillo

Se localiza dentro de la zona federal del lago de Texcoco, en el municipio de Atenco, Estado de México. Con una superficie de 1 000 ha y capacidad de almacenamiento de hasta 30 millones de m³, regula los caudales transitados por los ríos del oriente antes de su incorporación al Gran Canal del Desagüe.

FIGURA 18. Lago Nabor Carrillo



Laguna Churubusco

Se localiza dentro de la zona federal del lago de Texcoco, en el municipio de Atenco, Estado de México. Con una superficie de 270 ha y capacidad de almacenamiento de hasta 5 millones de m³, regula los caudales transitados por el brazo derecho del río Churubusco y Dren General del Valle (río de La Compañía) antes de su incorporación al Gran Canal del Desagüe.

Laguna de Regulación Horaria

Se localiza dentro de la zona federal del lago de Texcoco, en el municipio de Atenco, Estado de México. Con capacidad para almacenar hasta 4.5 millones de m³, regula los caudales transitados por el brazo izquierdo del río Churubusco y Dren General del Valle (río de La Compañía) antes de su incorporación al Gran Canal del Desagüe.

4.7. Plantas de Tratamiento

En la Zona Metropolitana del Valle de México existen 27 plantas de tratamiento para aguas residuales, de las cuales 13 de ellas están en servicio en Ciudad de México y las 14 restantes en el Estado de México con la finalidad de tratar los afluentes residuales para su reúso, y una capacidad total de tratamiento de 4.31 m³/s, siendo de 2.62 y 1.69 m³/s, respectivamente para dichas entidades federativas. Se estima que en la Ciudad de México la capacidad operativa de las plantas de tratamiento es tan sólo del 55% de la capacidad instalada y en el Estado de México, siete de ellas operan por debajo de su capacidad instalada. Durante la temporada de estiaje en la Ciudad de México, se genera una cantidad aproximada de aguas residuales de 28 m³/s de los cuales únicamente el 9% recibe tratamiento para su reúso. En este sentido, el 91% de las aguas residuales generadas en la ciudad son descargadas a los cuerpos receptores sin tratamiento alguno.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales incluyen tratamientos secundarios (lodos activados), desinfección y en algunos casos, procesos de tipo terciario. Las aguas residuales generadas en la ZMVM presentan problemas operativos durante su tratamiento, vinculados con altos contenidos de sólidos totales y disueltos, grasas y aceites, fósforo, nitratos, nitritos y valores de conductividad eléctrica aunados a bajas remociones de alcalinidad y dureza.

A continuación se enlistan las plantas con capacidad de tratamiento igual o mayor a 500 litros por segundo:

FIGURA 19. Planta de tratamiento de aguas combinadas Cerro de la Estrella



En la Ciudad de México:

- Cerro de la Estrella (4 000 l/s)
- San Juan de Aragón (500 l/s).

En el Estado de México:

- Lago de Texcoco I (1 000 l/s),
- Termoeléctrica Valle de México (750 l/s),
- Lago de Texcoco II “Ing. Ramón Grijalva Ruiz” (500 l/s)
- Presa Lago de Guadalupe (500 l/s).

FIGURA 20. Planta de tratamiento Lago de Texcoco I



En el Estado de Hidalgo:

- PTAR Atotonilco (23 000 l/s)

La PTAR Atotonilco está ubicada en el ejido Conejos, en el estado de Hidalgo, aguas abajo del sitio de vertido de la descarga del sistema de drenaje profundo

del Túnel Emisor Central y del Túnel Emisor Oriente (TEO) principales componentes del drenaje profundo del Valle de México.

Con esta planta se pretende depurar el 60% de las aguas residuales generadas en el Valle de México; impulsar el riego con aguas residuales tratadas en más de 80 mil hectáreas en el Valle de Tula, incrementando su potencial agrícola; sanear los cuerpos y cauces superficiales que reciben aguas residuales y mejorar las condiciones sanitarias de más de 300 mil personas que viven en la región.

El funcionamiento de la planta se divide en cinco etapas siendo el primer proceso el pretratamiento que consiste en la eliminación de la basura y en general de la materia flotante, sólidos gruesos y/o pesados así como de grasas y aceites, continua con el tren de proceso convencional (TPC) que se encarga de la degradación biológica de la materia disuelta que contiene el agua residual, con una capacidad nominal de tratamiento de 23 m³/s seguido del tren de proceso químico (TPQ) con una capacidad adicional de 12 m³/s para la depuración en forma temporal de los picos en temporada de lluvia, una vez terminado el proceso de limpieza, se descarga el agua residual tratada según su proceso de limpieza, finalmente el tratamiento de las aguas residuales arroja como subproducto la generación de lodos, a los cuales se

FIGURA 21. PTAR Atotonilco

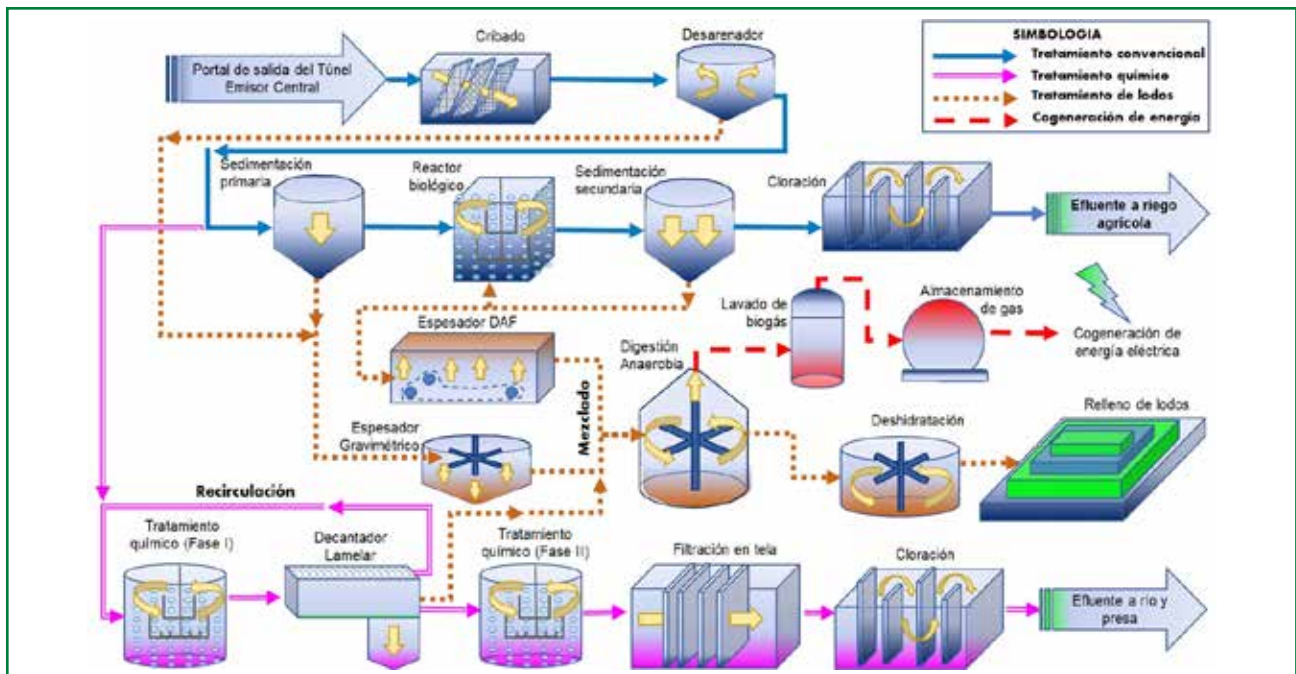


les debe estabilizar, volver inertes y depositarlos en el relleno (tratamiento de lodos). (Fig. 22)

El proyecto incluye el aprovechamiento de gas metano para la generación de energía eléctrica, lo que permitirá disminuir la dependencia de fuentes externas de energía de este tipo, asociado a que la disminución de metano abre la posibilidad de la colocación de bonos de carbono.

Si bien la planta podrá procesar hasta 35 m³/s debido a las técnicas de saneamiento que serán empleadas durante su operación, será factible, en época de lluvia, soportar un pico de hasta 20% más, llegando así a 42 m³/s.

FIGURA 22. Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de Atotonilco



4.8. Obras en proceso

En la actualidad, la Comisión Nacional del Agua se encuentra desarrollando la siguiente infraestructura, próxima a integrarse al drenaje profundo y que formará parte del Sistema Hidrológico del Valle de México.

Túnel Emisor Poniente II (TEP II)

Tiene como finalidad, la captación de los escurrimientos de los ríos San Javier y Xochimanga, para disminuir la cantidad de agua que llega al Túnel Emisor Poniente (TEP) y aumentar la capacidad de desalojo de éste de 80 a 120 m³/s. La primera etapa consta de un túnel de 6.0 km de longitud y 7 m de diámetro con profundidades de 12 a 110 m.

FIGURA 24. Trabajos de obra en la captación del río San Javier (TEP II).



Túnel Canal General

Su trazo es paralelo al Canal General y su función es incrementar la capacidad de conducción conjunta durante la temporada de lluvias, así como conducir los escurrimientos durante la época de estiaje para realizar trabajos de mantenimiento en el canal. Cuenta con 8 km de longitud, 5 m de diámetro y capacidad para conducir hasta 20 m³/s. Iniciaré en la Planta de Bombeo Parada del Toro y descargará en la Planta de Bombeo La Caldera.

4.8.1. Obras Hidráulicas en la Zona Oriente del Valle de México

Túnel Emisor Oriente (TEO)

Es una de las obras de drenaje más grandes del mundo, con una longitud final de 62 kilómetros y 7 metros de diámetro, con capacidad de desalojo de 150 m³/s. La construcción del túnel concluirá a finales de 2018 y permitirá contar con una salida complementaria y alterna al Emisor Central.

Iniciará en la segunda lumbrera del Túnel Interceptor Río de los Remedios y continuará hasta su descarga en el río El Salto, cerca del portal de salida del Emisor Central, aguas arriba de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Atotonilco.

FIGURA 25. Colocación de revestimiento, Túnel Emisor Oriente



Túnel Dren Chimalhuacán II

Su trazo iniciará en la bifurcación del Dren Chimalhuacán II y descargará en el Túnel Dren General del Valle. El túnel tendrá una longitud de 7.7 km, diámetro de 5 m y capacidad para conducir 50 m³/s para facilitar el desalojo de las aguas del municipio de Chimalhuacán.

Túnel Churubusco – Xochiaca

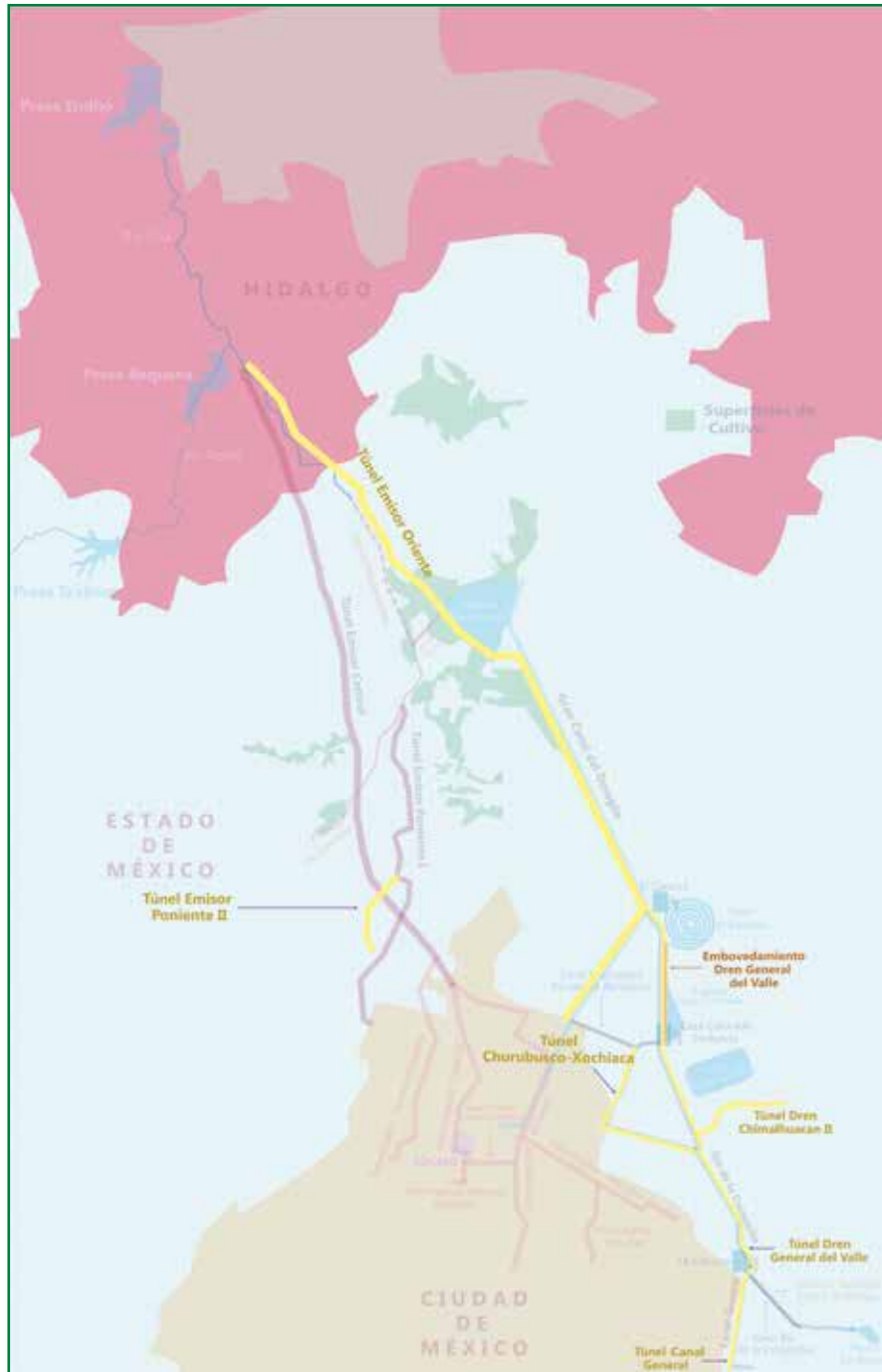
Con una longitud de 13.09 km, 7 lumbreras constructivas y 9 captaciones, iniciará en la intercepción con el Dren General del Valle y conectará con el Túnel Interceptor Río de los Remedios en la Lumbrera No. 5. El Túnel con diámetro de 5 m, contará con capacidad para interceptar y descargar hasta 58 m³/s al Túnel Emisor Oriente.

Túnel Dren General del Valle (Río de la Compañía)

A consecuencia de la pérdida de pendiente del dren General del valle - Río de la Compañía y con el propósito de reducir el riesgo de inundaciones en los municipios de Ixtapaluca, Los Reyes La Paz, Chimalhuacán, Nezahualcóyotl y Ecatepec, se elaboró el

proyecto que contempla la construcción de un túnel que iniciará desde la planta de bombeo La Caldera y descargará en la lumbrera No. 5 del TEO. Contará con una longitud total de 29.20 km, diámetros de 5 y 7 m, 14 lumbreras y capacidad para conducir hasta 168 m³/s.

FIGURA 26. Obras en proceso, Sistema Hidrológico del Valle de México





CAPÍTULO 5

PROTOCOLO DE OPERACIÓN



5.1 Descripción del Protocolo de Operación

De acuerdo al Protocolo de Operación Conjunta para la Atención de Fenómenos Hidrometeorológicos en la Zona Metropolitana las instituciones que están a cargo de establecer acciones coordinadas para observar y dar cumplimiento obligatorio a dicho protocolo son:

- El Gobierno de la CDMX a través del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) dependiente de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México.
- El Gobierno del Estado de México a través de la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) y
- La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a través del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México.

Estas tres instancias acordaron en este protocolo unir esfuerzos para encontrar los mejores mecanismos de operación de la infraestructura hidráulica del Sistema Hidrológico del Valle de México (SHVM).

El objetivo principal de la aplicación del Protocolo de Operación Conjunta es evitar una carga excesiva en el sistema que ponga en riesgo de inundaciones a la ciudad y utilizar de forma eficiente la capacidad máxima de regulación y de desalojo de las aguas pluviales en la temporada de lluvias. Para lograrlo, es necesario llevar a cabo la dirección y operación conjunta del Sistema Hidrológico del Valle de México, para lo cual se identificaron 26 estructuras relevantes, mismas que se dividen en tres zonas.

Zona Poniente

La Zona Poniente del Sistema Hidrológico del Valle de México se compone por (Figura 1):

1. Compuertas del Vaso de Cristo hacia el río de los Remedios.
2. Planta de Bombeo río Hondo.
3. Compuertas del Semiprofundo río San Javier al Interceptor Centro Poniente.
4. Emisor Poniente.
5. Compuertas sobre el río de los Remedios para derivas al Vaso Fresnos.
6. Compuertas sobre el río de los Remedios para derivas al Vaso Carretas.

7. Compuertas de Captación de los ríos de los Remedios y Tlalnepantla hacia el Interceptor Central.
8. Compuerta del Sistema de Presas del Poniente.
9. Compuertas de la derivadora San Andrés al río Tlalnepantla.

FIGURA 1. Ubicación de las estructuras que componen la Zona Poniente de Protocolo de Operación



Esta zona básicamente recoge y maneja los escurrimientos de los ríos del poniente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, los cuales se caracterizan por ser cuencas de respuesta muy rápida con tiempos de concentración de alrededor de 15 min. La respuesta eficaz, y el manejo y control de estos escurrimientos se realiza por infraestructura como lo son: el sistema de presas del poniente y el Interceptor Poniente, los vasos reguladores El Cristo, Fresnos y Carretas y el Túnel Emisor Poniente I.

Zona Dren General

Esta zona, de manera general, es en donde se manejan y controlan las descargas aguas residuales de la zona oriente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y los escurrimientos de los ríos del Oriente. Esta parte de la cuenca se caracteriza por ser de tiempos de concentración muchos mayores a los de

la zona poniente, ya que los ríos son de pendiente más suave pero de mayor caudal.

La Zona Dren General se compone por (Figura 2):

10. Planta de Bombeo Churubusco Lago y Compuertas de Captación del río Churubusco hacia el Interceptor Oriente Sur (P.B. Zaragoza).
11. Compuertas de Salida Sur de la Laguna de Regulación Horaria.
12. Planta de Bombeo Casa Colorada Superficial.
13. Planta de Bombeo Casa Colorada Profunda.
14. Compuertas sobre el Dren General.
15. Compuertas para desfogue de la Laguna Casa Colorada al Dren General.
16. Compuertas para desfogar a la Laguna Casa Colorada a la Laguna Texcoco.
17. Compuertas para desfogue de la Laguna Casa Colorada al Túnel Interceptor río de los Remedios.
18. Planta de Bombeo Canal de Sales (Cárcamos 1, 2 y 3)
19. Túnel Interceptor río de los Remedios y sus descargas.
20. Sistema río de la Compañía (túnel).
21. Sistema río de la Compañía (cajón de estiaje).

Para realizar el manejo y control eficaz de las aguas del oriente el Sistema echa mano de infraestructura fundamental como lo son: el Canal General, el río de la Compañía, las lagunas de regulación y las plantas de bombeo de la Zona del Lago de Texcoco, y el Interceptor Oriente.

FIGURA 2. Ubicación de las estructuras que componen la Zona Dren General de Protocolo de Operación



Zona Gran Canal

La Zona Gran Canal es la zona ubicada al norte de la Ciudad de México que lleva las aguas residuales de la ciudad hacia su destino final en el estado de Hidalgo.

Para este fin, y realizar una evacuación eficaz, la zona se compone de las siguientes estructuras (ver Figura 3):

22. Compuertas de Obra de Toma Gran Canal (El Coyol).
23. Planta de Bombeo Gran Canal km. 11+600.
24. Planta de Bombeo Gran Canal km. 18+500.
25. Planta de Bombeo El Caracol.
26. Túnel Emisor Oriente y sus descargas.

FIGURA 3. Ubicación de las estructuras que componen la Zona Gran Canal del Protocolo de Operación



La infraestructura principal en la cual se apoya el Sistema en la Zona Gran Canal es: el Gran Canal del Desagüe, el vaso regulador El caracol, y el Túnel emisor Oriente; este último siendo el encargado de llegar el agua residual hasta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco, en el estado de Hidalgo.

Por otro lado, otra de las herramientas fundamentales que permite la observación y correcta operación del Sistema Hidrológico es la red pluviométrica operada por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), que está conformada por 78 estaciones, de las cuales 29 son consideradas, debido

a su relevancia para el Sistema Hidrológico del Valle de México, para el cálculo del llamado “promedio protocolo” que es el indicador que se utiliza para la aplicación del Protocolo de Operación (Figura 4).

Asimismo, dentro del Protocolo de Operación se han definido tres diferentes criterios para la aplicación del Protocolo que incluyen etapas o “Condiciones del Sistema” que permitan llevar a cabo la operación de las estructuras como a continuación se indica:

Condición 1

Sin lluvia o con lluvia ligera

Corresponde a los días donde no se presentan lluvias en el Valle de México o éstas son muy ligeras.

Condición 2

Con lluvia Importante

Se considera esta condición si se cumple alguno de los siguientes supuestos:

- 1) Cuando el promedio de la lluvia en las 29 estaciones pluviométricas (promedio protocolo) sea mayor o igual a 8 mm, acumulados en las últimas seis horas.
- 2) Cuando se tengan las siguientes condiciones en el Drenaje Profundo.

- a) Lumbraera “0” del Emisor Central tenga tirante de 6.50 m o mayor.
- b) A la vez se tengan tirantes con los siguientes rangos:
 - Mayor o igual a 5.0 m en la Lumbraera 6 del Interceptor Central.
 - Mayor o igual a 5.0 m en la Lumbraera 8 del Interceptor Oriente.
 - Mayor o igual a 5.0 m en la Lumbraera 6 del Interceptor Oriente Sur.
 - Mayor o igual a 4.0 m en la Lumbraera 5 del Interceptor Centro – Poniente.

Condición 3

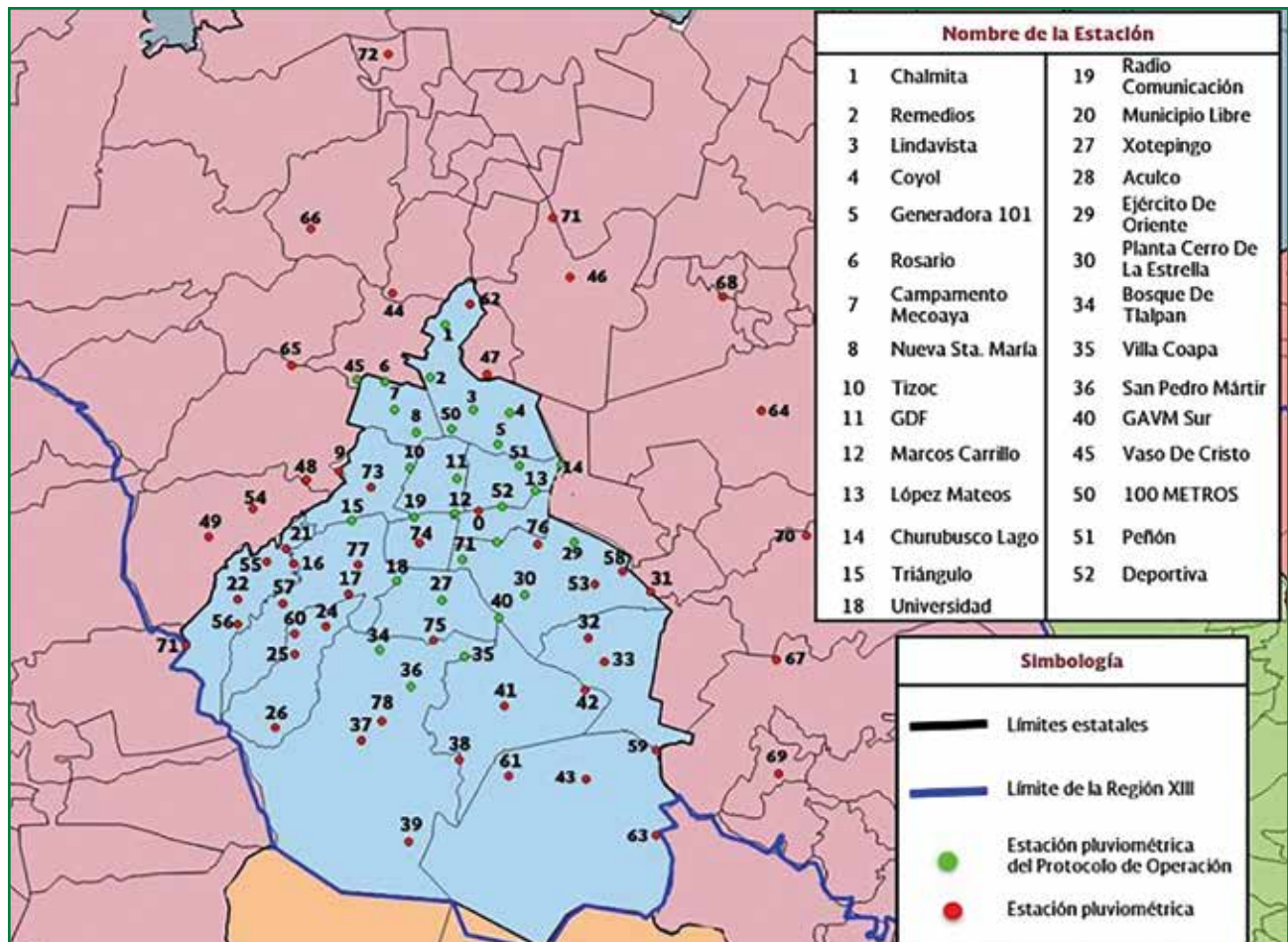
Vaciado del Sistema

Esta condición se presenta cuando la lluvia ha finalizado o disminuyó en la intensidad y los niveles en el Drenaje Profundo estén descendiendo y, aunado a esto, los niveles en las lumbraeras mencionadas en la Condición 2 sean menores a 8 m.

Dado que estas tres condiciones dependen del cálculo de la lluvia media y de las condiciones del Drenaje Profundo, el SACMEX, la CONAGUA y la CAEM son responsables del monitoreo y seguimiento de las lluvias, así como de realizar los análisis y cálculos necesarios para tomar la decisión de aplicar el protocolo de acuerdo a las condiciones mencionadas.



FIGURA 4. Red pluviométrica operada por el SACMEX; se destacan en verde las estaciones usadas para el cálculo del “promedio protocolo”



En caso de un pronóstico de lluvia severa, la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional emite el reporte de aviso correspondiente al menos tres horas antes del evento. Entonces se verifica que los cuerpos de regulación del sistema estén vacíos o estén en proceso de vaciado, para que al momento de la lluvia (en caso de que se ponga en marcha el Protocolo), se encuentren en las mejores condiciones de capacidad de regulación.

5.2 Operación del Protocolo

La operación del Protocolo inicia a la par del inicio de la temporada de lluvias en México, que oficialmente es inaugurada cada año en un evento oficial con la presencia del Presidente de la República y el Director General de la CONAGUA.

Oficialmente la temporada de lluvias comienza el 15 de mayo y termina el 30 de noviembre de cada año. Previo a esta fecha, internamente en CONAGUA se realizan videoconferencias a nivel CONAGUA para ultimar detalles acerca de la situación que guardan los sistemas relevantes en cada una de las regiones hidrológico-administrativas del país.

Una vez iniciada la temporada de lluvias entra en operación, como parte del Protocolo de Operación, lo que se ha denominado el Centro de Mando Único, el cual es el espacio en el que las tres dependencias de gobierno que intervienen en el manejo del Sistema Hidrológico del Valle de México (CONAGUA, SACMEX y CAEM) se reúnen para dar seguimiento puntual a los eventos hidrometeorológicos que se presentan en su zona de influencia.

Durante todo el período de la temporada de lluvias permanece en el Centro de Mando Único por lo me

nos un representante de cada una de las dependencias involucradas con el objetivo fundamental de dar seguimiento puntual a los fenómenos hidrometeorológicos y de facilitar la coordinación de las acciones de prevención, mitigación y reacción ante el impacto de las lluvias torrenciales que se presenten.

Ahí se da seguimiento a la ocurrencia y desarrollo de los eventos de lluvia mediante la comunicación directa con personal operativo y técnico de cada una de las dependencias.

Como se mencionó anteriormente el parámetro que detona las acciones coordinadas del Protocolo de Operación es el llamado “promedio protocolo”. Así, desde el Centro de Mando Único también se da seguimiento a este parámetro, y cuando este sobrepasa un umbral determinado, las dependencias involucradas (SACMEX, CAEM y CONAGUA) realizan de manera conjunta la toma de decisiones sobre el manejo de la infraestructura del Sistema Hidrológico con el fin de desalojar de la manera más eficiente los escurrimientos provocados por el impacto de las lluvias en la Ciudad de México y su zona conurbada; y también las acciones para mitigar o responder a los efectos adversos que deriven de esto.

Es importante destacar que cada una de las dependencias cuenta con personal y sistemas de información (en el Capítulo 6 se abordan la instrumentación y los sistemas de OCAVM) con los cuales realizan el seguimiento de los eventos hidrometeorológicos, mismos que mantienen una comunicación frecuente y directa con sus respectivas autoridades y con sus

representantes en el Centro de Mando Único. Esta información también forma parte fundamental de las decisiones que se toman en el seno de la Comisión Metropolitana de Drenaje.

Una vez tomadas las decisiones, estas son comunicadas por los representantes de las dependencias en el Centro de Mando Único a sus respectivos personales (operativo y técnico), además de comunicar y coordinar estas acciones con sus respectivos municipios, tanto el SACMEX en la Ciudad de México, como CAEM en el Estado de México.

Es sustancial mencionar que para que la comunicación entre las dependencias y coadyuvar esfuerzos para el manejo eficiente del sistema y de la implementación de las acciones necesarias para reducir los riesgos que representa el impacto de lluvias torrenciales, los integrantes de la Comisión Metropolitana de Drenaje cuentan con un grupo de whatsapp en donde se da puntual seguimiento a las decisiones coordinadas tomadas en dicha comisión, así como al desarrollo de los eventos hidrometeorológicos.

Finalmente, para darnos una idea de la actividad que lleva a cabo la Comisión Metropolitana de Drenaje durante la temporada de lluvias, cabe señalar que durante la temporada del 2017, el Protocolo de Operación Conjunta se aplicó un total de 19 ocasiones, de las cuales 11 fueron debido a lluvias importantes, cuatro debido a la presencia de niveles altos en las lumbreras del drenaje profundo, y otras cuatro debido a la combinación de lluvia importante y niveles altos en el drenaje profundo (ver Tabla 1).



TABLA 1. Aplicación de Protocolo de Operación en el año 2017

No.	Fecha	Motivo	Promedio Protocolo	Duración de Protocolo
1	25/05/2017	Lluvia importante	8.48	1 hr 25 min
2	07/06/2017	Niveles altos en lumbreras de Drenaje Profundo	7.74	1 hr 45 min
3	14/06/2017	Niveles altos en lumbreras de Drenaje Profundo	7.11	3 hrs
4	27/06/2017	Lluvia importante	8.34	4 hrs
5	28/06/2017	Lluvia importante	8.35	4 hrs 10 min
6	29/06/2017	Lluvia importante	8.75	2 hrs
7	02/07/2017	Lluvia importante y niveles altos en las lumbreras de Drenaje Profundo	7.95	1 hr 30 min
8	08/07/2017	Lluvia importante	9.27	2 hrs 30 min
9	09/07/2017	Lluvia importante y niveles altos en las lumbreras de Drenaje Profundo	6.15	1 hr 30 min
10	10/07/2017	Lluvia importante y niveles altos en las lumbreras de Drenaje Profundo	5.67	1 hr 35 min
11	11/07/2017	Lluvia importante	8.64	5 hrs
12	17/08/2017	Niveles altos en lumbreras de Drenaje Profundo	7.80	2 hrs 30 min
13	18/08/2017	Lluvia importante	8.81	4 hrs
14	29/08/2017	Niveles altos en lumbreras de Drenaje Profundo	6.92	5 hrs 30 min
15	30/08/2017	Lluvia importante	10.90	6 hrs 30 min
16	31/08/2017	Lluvia importante y niveles altos en las lumbreras de Drenaje Profundo	9.56	5 hrs 25 min
17	05/09/2017	Lluvia importante	8.19	5 hrs 05 min
18	17/09/2017	Lluvia importante	10.34	4 hrs
19	01/10/2017	Lluvia importante	8.75	3 hrs 45 min

En la Tabla 1 se desglosan las aplicaciones del Protocolo de Operación Conjunta en el año 2017, de donde se puede ver que de 19 veces que se aplicó, cuatro fueron en el mes de junio, cinco en julio y cinco en agosto, haciendo de estos meses los más activos de la temporada.

Igualmente, se puede observar que durante esa temporada de lluvias, el Protocolo se aplicó cuatro veces en días consecutivos: del 27 al 29 de junio (3 días), del 8 al 11 de julio (4 días), el 17 y 18 de agosto (2 días) y del 29 al 31 de agosto (3 días). Es importante destacar que estos eventos en los cuales las lluvias impactan la Zona Metropolitana de la Ciudad de México de manera consecutiva repre-

sentan un reto especial para la coordinación de la comisión Metropolitana de Drenaje y para la aplicación del Protocolo debido a la gran acumulación de precipitación, y por consecuencia a los volúmenes que se deben de manejar.

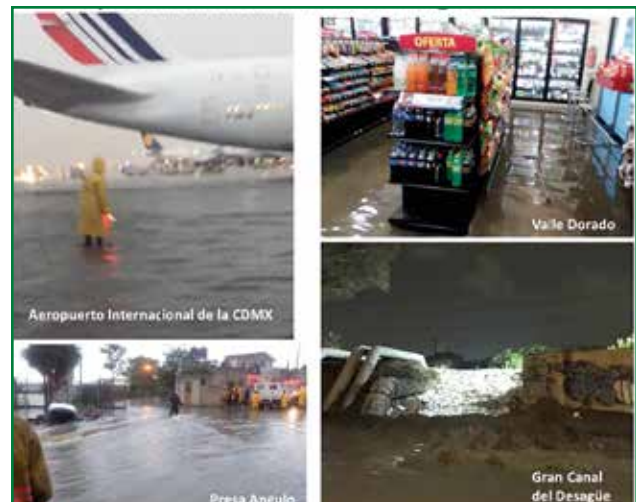
Como ejemplo se tienen las lluvias que impactaron los días 29, 30 y 31 de agosto de 2017 en donde se presentó una lluvia acumulada promedio de 50 mm concentrada en las zonas norte y poniente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, y que llegó a presentar registros de lluvia acumulada de 113 mm a 150 mm en algunas zonas. Estas lluvias, se calcula, llegaron a traducirse en un volumen estimado de 118 millones de metros cúbicos (ver Figura 5).

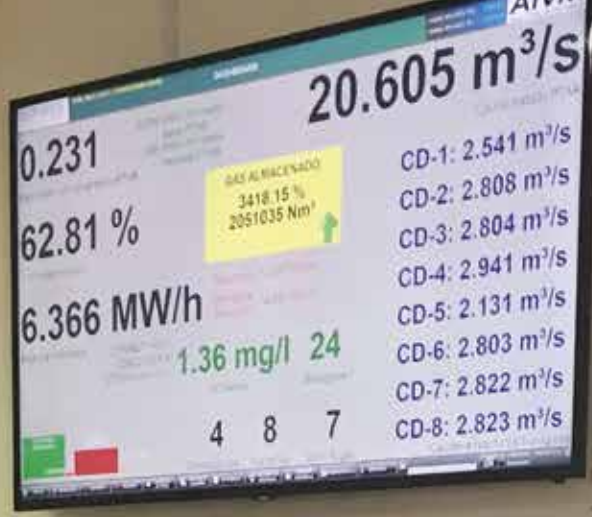
FIGURA 5. Mapas de Lluvia acumulada y Volumen acumulado estimado para las lluvias ocurridas del 29 al 31 de agosto de 2017



Finalmente, los efectos que pueden tener los impactos de este tipo de fenómenos son muy importantes. Por ejemplo, algunos de los impactos de las lluvias de los últimos días de agosto del año 2017 trajeron como consecuencia el cierre temporal del Aeropuerto de la Ciudad de México, el desbordamiento de presas reguladoras, afectaciones en infraestructura hidráulica e inundaciones en comercios y casas habitación, entre muchos otros (Figura 6). Esto hace evidente la importancia de la Comisión Metropolitana de Drenaje y la correcta operación del Protocolo de Operación Conjunta como pilares fundamentales para el manejo y control de los escurrimientos debidos a la presencia de fenómenos hidrometeorológicos, el trabajo se ha hecho pero aún queda camino por recorrer.

FIGURA 6. Daños en diferentes zonas de la ZMCM debido al impacto de las lluvias del 29 al 31 de agosto de 2017





CAPÍTULO 6

TECNOLOGÍAS APLICADAS PARA EL SEGUIMIENTO Y MONITOREO



6.1 Infraestructura y redes de monitoreo

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es el organismo dependiente de la CONAGUA, encargado de proporcionar información meteorológica oportuna y fidedigna necesaria para prevenir y disminuir eficientemente los efectos de las perturbaciones atmosféricas sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en nuestro país, para cumplir con este objetivo se cuenta con una red de infraestructura de observación que incluye Estaciones Meteorológicas Automáticas, Radares, Estaciones Climatológicas y Estaciones Hidrométricas.

Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs)

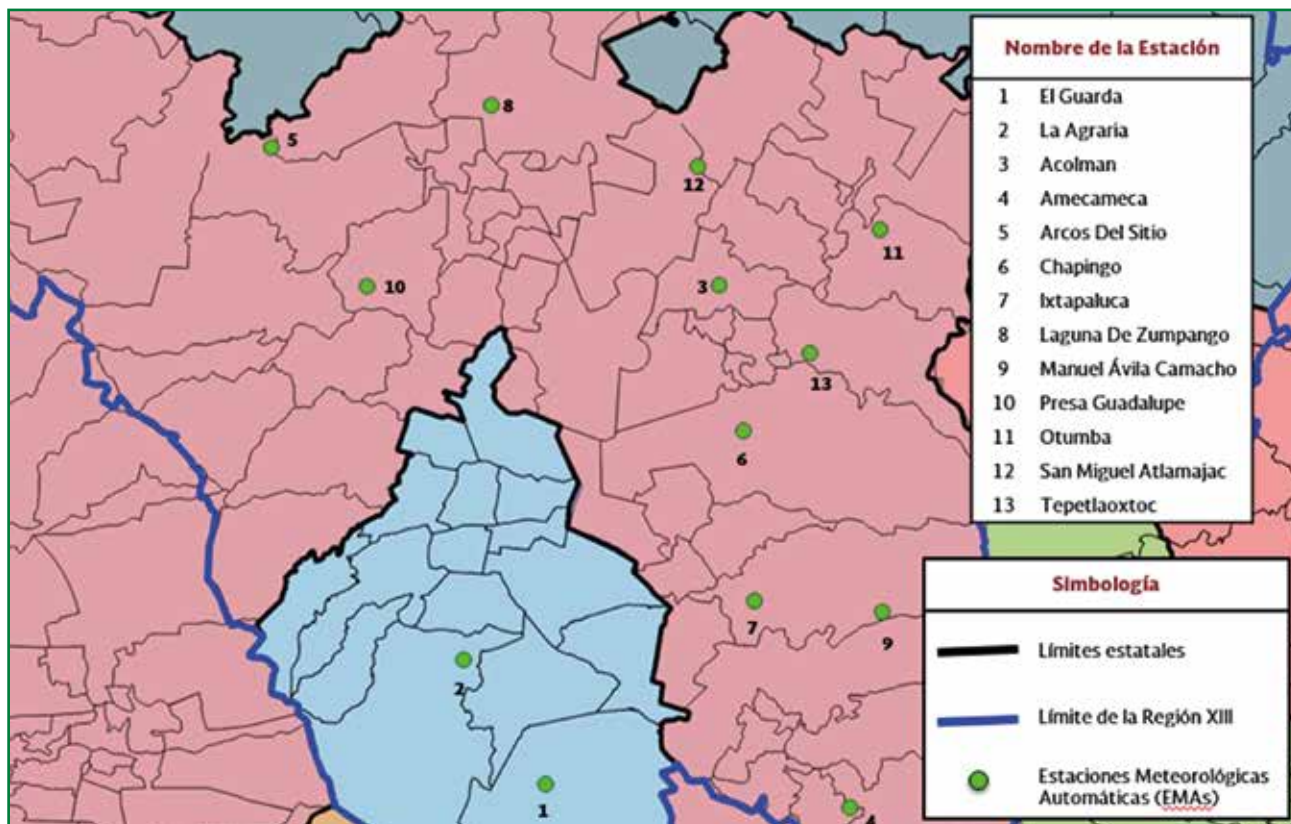
Con la finalidad de generar y difundir información que permita notificar a la población antes, durante y después de la presencia de fenómenos hidrometeorológicos, se cuenta con una red de 34 Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) instaladas en

los Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala, Michoacán y la Ciudad de México cuya función principal es la recopilación y monitoreo de variables meteorológicas como dirección y velocidad del viento, temperatura ambiente, humedad relativa, presión atmosférica, precipitación y radiación. En la Figura 1 se muestra la distribución geográfica de las EMAs operadas por el OCAVM ubicadas en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Los datos de estas variables son recabados en intervalos de 10 minutos con los cuales se generan archivos de 1 a 3 horas (dependiendo de la estación) que son enviados vía satélite a un Centro de Información.

La información generada por las EMAs es utilizada para caracterizar y monitorear las lluvias que cae en el Valle de México y con esto tener la posibilidad de implementar acciones preventivas y reactivas a los efectos adversos que estas puedan provocar. Además, esta información también es sometida a procesos y análisis estadísticos que ofrecen información histórica y tendencial relevante en cuanto al clima y la precipitación en el Valle de México.

FIGURA 1. Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas operadas por el OCAVM



Red Nacional de Radares Meteorológicos

La Red Nacional de Radares Meteorológicos (RNRM) está formada por 13 radares distribuidos en el territorio nacional, en los estados de Baja California Sur (Los Cabos), Sinaloa (Guasave), Guerrero (Acapulco), Durango (Palmito), Campeche (Sabancuy), Quintana Roo (Cancún), Tamaulipas (Altamira), Veracruz (Alvarado), Colima (Cuyutlán), Sonora (Cd. Obregón), Oaxaca (Puerto Ángel), Chiapas (C. Mozotal) y Estado de México (Cerro La Catedral) (ver Figura 2).

FIGURA 2. Radares operados por el SMN



Este último radar es el que genera información meteorológica relevante que nos permite estudiar y dar seguimiento a los fenómenos hidrometeorológicos extremos. Mediante microondas electromagnéticas, este radar es capaz de localizar precipitaciones, calcular sus trayectorias y estimar sus tipos (lluvias, nieve, granizo, etc.). Además, es posible analizar sus datos para extraer la estructura de las tormentas (volumen de nubes a diferentes secciones, altura y densidad de nubes y desplazamiento) y su potencial trayectoria, así como estimar la dirección y velocidad del viento; todo en un radio aproximado de 480 km.

Todas las estaciones de Radar cuentan con un sistema interrumpible de energía, sistema de protección contra incendios y un sistema de telecomunicaciones con el centro colector de datos que se encuentra ubicado en las instalaciones del Servicio Meteorológico Nacional en la Ciudad de México, en donde se analiza, se procesa y se almacena toda la información.

Estaciones Climatológicas

La información climatológica nacional es actualizada por los Organismos de Cuenca y Direcciones Locales de la CONAGUA, la cual implica aproximadamente 55 millones de registros diarios de lluvia en 24 horas y temperatura mínima y máxima, reportados por alrededor de 5 500 estaciones climatológicas distribuidas en el país.

Para monitorear los fenómenos hidrometeorológicos que impactan en el Valle de México, además de la información que proveen las EMAs y el radar Cerro Catedral, el OCAVM también opera una red de 115 estaciones climatológicas (ver Figura 3) de las cuales 63 se ubican en el Estado de México, 18 en Hidalgo, 13 en la Ciudad de México, ocho en Morelos, seis en Tlaxcala, tres en Guerrero, tres en Puebla y una en Veracruz.

Los datos climatológicos generados por estas estaciones son:

- Temperatura (termómetro)
- Precipitación (pluviómetro)
- Evaporación (evaporímetro)

Los cuales son recabados diariamente por las brigadas que se encargan de registrar las lecturas de estos instrumentos.

Cuando la información climatológica de alguna estación cuenta con más de 10 años de registros se realiza un análisis estadístico, el cual consiste en el cálculo de normales climatológicas, valores extremos y estadísticas mensuales.

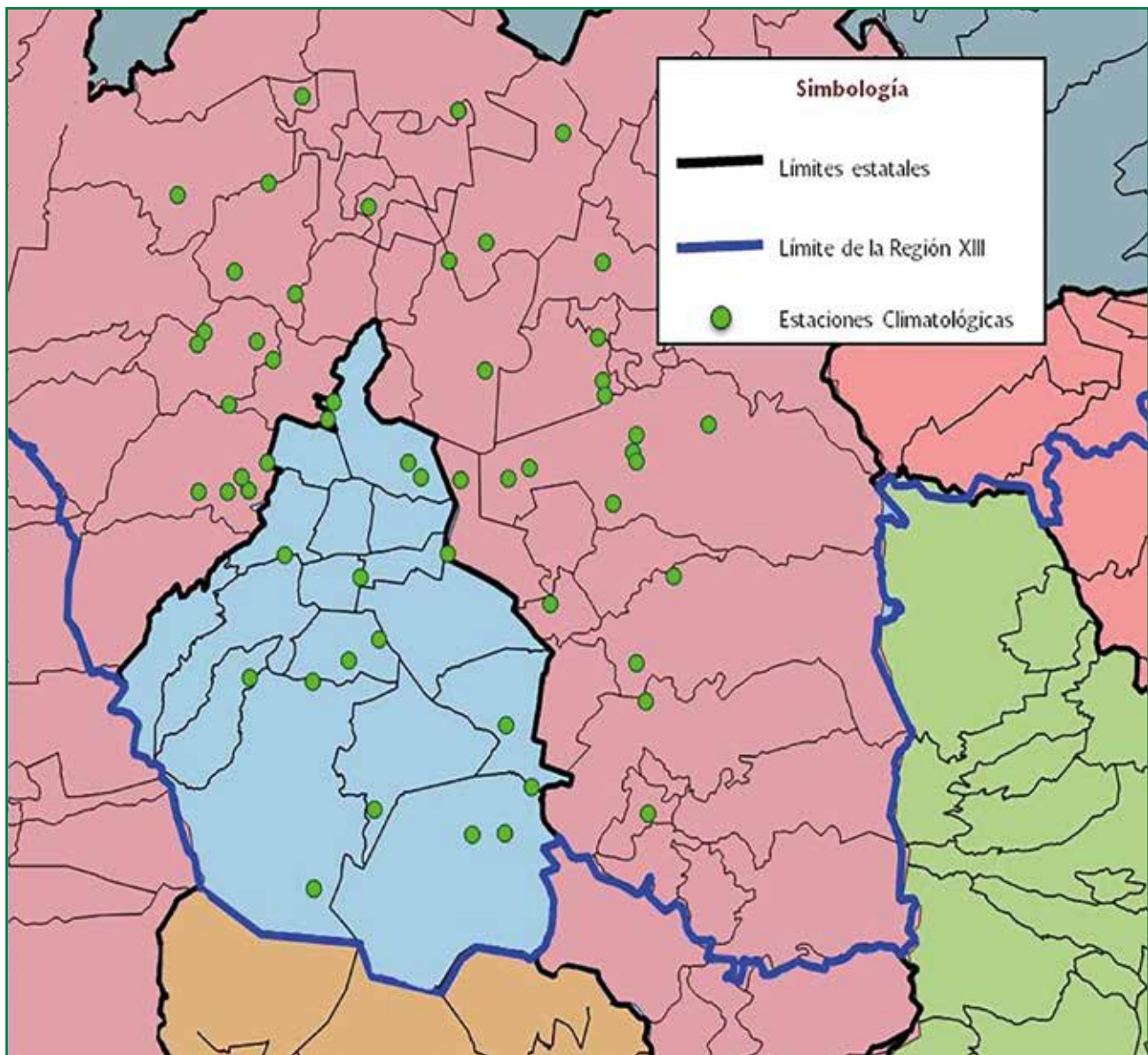
Estaciones Hidrométricas

La información hidrométrica es de suma importancia para la gestión del recurso hídrico del país, por tal motivo, la CONAGUA, a través del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) ha venido actualizando el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) que integra la red hidrométrica nacional. En esta red se registra el nivel de agua (escalas) y la cantidad de agua que pasa a una determinada hora (aforos) en los principales ríos de la república mexicana.

Esta red cuenta con los datos de 2 070 estaciones hidrométricas, las cuales son el resultado de una depuración al catálogo BANDAS hecho en 2008 por la CONAGUA y el IMTA. Aproximadamente 480 estaciones fueron actualizadas hasta el año 2006 y tiene registradas aproximadamente 180 presas.

De este conjunto de estaciones, el OCAVM cuenta con 31 Estaciones Hidrométricas instaladas en el Estado de México, Hidalgo y la Ciudad de México (ver Figura 4). Estas estaciones son de gran importancia en el manejo del sistema hidrológico ya que se monitorean los ríos de las zonas poniente y oriente de la ciudad.

FIGURA 3. Red de Estaciones Climatológicas operadas por el OCAVM en el Valle de México



6.2 Vigilancia Global

Como ya se describió en el Capítulo 4 el sistema de drenaje de la ZMVM es un sistema complejo, cuya finalidad es drenar una cuenca hidrológica cerrada originalmente, formada por una zona lacustre con poca pendiente e impermeable y con cuatro salidas artificiales. En general, está integrado por tres tipos de estructuras hidráulicas: salidas artificiales; red secundaria y una red primaria.

El primer paso en la vigilancia global del sistema para garantizar las condiciones óptimas del funcionamiento del sistema Hidrológico de la ciudad de México, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) lleva a cabo de manera permanente el “Programa Preventivo Anual de Limpieza y Desazolve de la Infraestructura Hidráulica” en coordinación con las 16 delegaciones políticas de la Ciudad de México permitiendo el libre acceso del líquido y evitar obstrucciones, principalmente en la temporada de lluvias.

Por otro lado, la herramienta con la que cuentan las diferentes entidades involucradas en el manejo eficiente del Sistema Hidrológico, y que es el punto medular del correcto funcionamiento del mismo, es el “Protocolo de Operación Conjunta para la Temporada de Lluvias del Sistema Hidrológico del Valle de México”. El objetivo principal de este protocolo es lograr la coordinación interinstitucional entre la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Comisión de Agua del Estado de México (CAEM), el Servicio Meteorológico Nacional y las Secretarías de Protección Civil y Seguridad Pública capitalinas, así como el SACMEX y el Centro de Atención a Emergencias y Protección Ciudadana de la Ciudad de México. Estas instituciones ejecutan acciones coordinadas para operar de manera conjunta la infraestructura del sistema hidrológico y para atender las emergencias que se presenten como consecuencia del impacto de fenómenos hidrometeorológicos de consideración. Esto se realiza a través de un protocolo de actuación, lo que permite una interacción efectiva entre instancias de seguridad pública, atención a emergencias y atención social en beneficio de la población de la Ciudad de México.

Centro de Información del OCAVM

Una de las herramientas fundamentales para la toma de decisiones en cuanto al manejo coordina-

do del Sistema Hidrológico de la Ciudad de México está el Centro de Información del OCAVM.

Como ya se ha mencionado, el OCAVM mantiene un monitoreo continuo de las variables climatológicas e hidrométricas en la cuenca del Valle de México, así como de los niveles en las estructuras que forman parte del sistema. Esta información se envía, almacena y procesa en el Centro de Información. El funcionamiento actual del Centro de Información se muestra en la Figura 5 en donde se puede ver que la información recopilada tanto por OCAVM (información primaria) como por las demás dependencias involucradas (SACMEX, CAEM) información secundaria) es enviada por diferentes medios (radio, teléfono, web, correo electrónico) a un servidor en el Centro de Información. Ahí, esta información es validada y procesada por el personal de OCAVM para generar reportes y notas informativas que son enviadas a las autoridades de las entidades a cargo de la operación del Sistema Hidrológico, y con ello, estar en posibilidad de coordinar la toma de decisiones e implementar acciones coordinadas y oportunas para manejar de manera eficiente los flujos derivados de las lluvias y prevenir o atender las emergencias causadas por el impacto de las mismas.

FIGURA 5. Esquema del funcionamiento del centro de información OCAVM



Sistema de Lluvias

Con la finalidad de fortalecer el Centro de Información se implementó el llamado “Sistema de Lluvias”

el cual tiene como función principal la recolección y reporte de la información meteorológica y de los niveles en las estructuras del Sistema Hidrológico contempladas en el Protocolo de Operación Conjunta.

En la Figura 6 se ilustra el funcionamiento del Sistema de Lluvias que comienza cuando ocurre un evento de lluvia dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Una vez comenzado el evento, se monitorean la precipitación y los niveles en las estructuras y lumbreras del sistema mediante:

- La Red de Pluviómetros del SACMEX
- La Red de Disdrómetros del Observatorio Hidrológico del Instituto de Ingeniería de la UNAM
- La red de EMAs del OCAVM
- Los diferentes instrumentos en las estructuras y lumbreras del Sistema Hidrológico.

FIGURA 6. Esquema del funcionamiento del Sistema de Lluvias OCAVM



Esta información se recopila vía radio, telefonía, correo electrónico o web según el caso, y se analizan y procesan dentro de la plataforma de lluvias de OCAVM en donde se tiene disponible una serie de paneles para la consulta rápida y eficiente de los datos.

Esta información y sus respectivos análisis son puestos a disposición de las autoridades de los organismos y dependencias involucradas en el manejo del sistema. Dentro de estos productos cabe resaltar dos: el seguimiento de los eventos de precipitación y el reporte de los promedios del Protocolo de Operación Conjunta.

El seguimiento de los eventos de precipitación se realiza con el fin de generar alertas específicas en el momento en el que la precipitación medida por algún instrumento supera un umbral predeterminado. Por otro lado, se reporta el cálculo de los promedios pesado y protocolo, tal y como se definen en el Protocolo de Operación Conjunta, que son los que indican si se activa o no dicho protocolo.

Así, entonces, basados en la información recabada y procesada los organismos que se encargan del manejo coordinado del sistema están entonces en condiciones para tomar decisiones oportunas para el manejo coordinado y eficiente del sistema y para implementar acciones preventivas o reactivas a las consecuencias del impacto de un evento de lluvia determinado, lo cual coadyuva esfuerzos para la reducción del riesgo ante fenómenos hidrometeorológicos extremos.



CAPÍTULO 7

**GESTIÓN Y
MANTENIMIENTO
DE SISTEMAS**



7.1 Acciones y Programas

Una responsabilidad básica de la Administración Pública es instrumentar, implementar y regular la canalización de recursos públicos para la atención de las necesidades de la población, que permitan mejorar su calidad de vida y consecuentemente fortalecer el desarrollo socioeconómico del país. Por esto, la presente administración del Gobierno Federal, a través de la Comisión Nacional del Agua, fomenta y apoya la ampliación de la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a nivel nacional, en coordinación con los gobiernos estatal y municipal. La ampliación de estos servicios se promueve a través de la Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, regulando a nivel nacional la ejecución de los programas bajo su jurisdicción. Estos programas se transforman en propuestas de apoyo a proyectos que se ejecutan con distintos horizontes de tiempo.

Como apoyo a diferentes entidades, la CONAGUA implementa Programas Federales que tienen como objetivo contribuir a disminuir la falta de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, que son factores relacionados con la pobreza, a través de fortalecer e incrementar la cobertura de esos servicios.

Los Programas Federales de Agua Potable y Saneamiento apoyan el fortalecimiento e incremento de la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento que prestan los organismos operadores, de los municipios, para lograr este objetivo la CONAGUA cuenta con los siguientes programas:

Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento (PROAGUA)

Este programa tiene como propósito apoyar a los organismos operadores de los municipios y las entidades federativas para que fortalezcan e incrementen la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado, en beneficio de la población del país con deficiencia o carencias en los servicios, a través del apoyo financiero y técnico a las entidades federativas, municipios y sus organismos operadores.

Este programa cuenta tres apartados:

Apartado Urbano

Orientado a municipios de más de 2 500 habitantes, y destinado a construir, ampliar y rehabilitar infraestructura, así como para apoyar la sostenibilidad operativa y financiera de sus organismos operadores de agua.

Apartado Rural

Orientado a municipios de menos de 2 500 habitantes, y destinado a construir, mejorar y ampliar infraestructura que permita abatir el rezago de los servicios de agua potable.

Apartado Agua Limpia

Fomenta y apoya el desarrollo de acciones que permitan ampliar la cobertura de agua de calidad para uso y consumo humano.

Programa para el Desarrollo Integral de Organismos Operadores de Agua y Saneamiento (PRODI)

El objetivo de este programa es mejorar la calidad del servicio de agua y saneamiento en poblaciones preferentemente entre 50 mil y 900 mil habitantes, mediante la ejecución de proyectos integrales de corto y mediano plazos por parte de los Organismos Operadores (OO) responsables de la prestación del servicio, con el fin de impulsar su sostenibilidad operativa y financiera.

Programa de Devolución de Derechos (PRODDER)

El Programa de Devolución de Derechos, tiene como objetivo apoyar la realización de acciones de mejoramiento de eficiencia y de infraestructura de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, mediante la asignación de recursos a los prestadores de los servicios de agua potable y saneamiento provenientes de los ingresos federales que se obtengan por la recaudación de los derechos por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, previa la presentación de un programa

de acciones para el mejoramiento de la eficiencia y de infraestructura de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

Programa Federal de Saneamiento de Aguas Residuales (PROSANEAR)

El programa tiene como objetivo la asignación de recursos federales provenientes del pago de derechos por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la nación, como son los cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales, en términos de lo dispuesto en la Ley Federal de Derechos. Estos recursos se destinarán, si así lo solicitan, a los contribuyentes municipales, estos pueden solicitar a la CONAGUA la autorización para realizar un Programa de Acciones en materia de saneamiento y tratamiento de aguas residuales, a fin de mejorar la calidad de dichas aguas, ya sea mediante cambios en los procesos productivos o dotación de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales.

Programa para la Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA)

El PROMAGUA tiene como objetivo apoyar a los prestadores de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento que atiendan a localidades por arriba de los 50 mil habitantes o a localidades atendidas por organismos operadores intermunicipales, en la mejora de eficiencias e incremento de la cobertura y calidad de los servicios, con la participación del capital privado como complemento a los recursos no recuperables que otorga el programa.

Este programa pretende ser una fuente adicional de recursos, condicionada a un esquema de cambio estructural, para fomentar la consolidación de los organismos operadores, impulsar su eficiencia física y comercial, facilitar el acceso a tecnologías de punta, fomentar la autosuficiencia y promover el cuidado del medio ambiente con proyectos de saneamiento, preferentemente ligados al reúso de las aguas residuales.

FIGURA 1. Beneficios de los programas federales



Fideicomiso 1928

El Fideicomiso 1928 se constituyó el 25 de febrero de 1997. Este fideicomiso se enfoca en el financiamiento de los proyectos y obras de infraestructura hidráulica indispensables para satisfacer las necesidades de suministro de agua potable, desalojo y saneamiento de aguas pluviales y residuales que requiera y genere la población asentada en la Zona Metropolitana del Valle de México. Además plantea beneficios adicionales, como son la protección de los acuíferos para impulsar el desarrollo de una cultura del agua.

Los fondos del fideicomiso son administrados por un Comité Técnico, presidido por la CONAGUA (Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento), y conformado por dos representantes de la Ciudad de México, dos del Estado de México, dos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), y dos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), con voz y voto, además de un representante del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBAS) con voz, pero sin voto. Los fideicomitentes son los gobiernos de la CDMX y del Estado de México.

7.2 Acciones que coadyuvan a mitigar los efectos del cambio climático

Vivir con la variabilidad del clima y el cambio climático y adaptarse a ellos, constituye todo un reto cotidiano. Los efectos combinados del cambio climático, el crecimiento de la población, la migración, el desarrollo de infraestructuras y el uso inapropiado del suelo representan desafíos nunca vistos para la sociedad; las poblaciones están expuestas a condiciones peligrosas y a localizaciones donde la vulnerabilidad va en aumento. A pesar de todo, la humanidad debe ser capaz de anticiparse al clima futuro con un razonable grado de confianza a fin de adaptarse satisfactoriamente.

Los servicios de observación, información y predicción del clima pueden ofrecer a las sociedades, los gobiernos y los sectores sensibles al clima las herramientas que les permitan determinar cuáles son los riesgos y los beneficios. Pueden dotar a las comunidades de la información necesaria para afrontar con mayor eficacia las condiciones climáticas esperadas mediante la aplicación de las medidas de urgencia pertinentes.

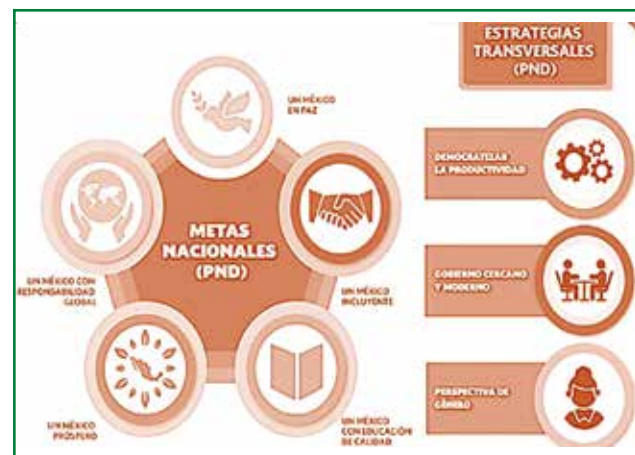
En el año de 2013, en su Quinto Reporte de Evaluación el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) concluyó que el calentamiento del planeta es inequívoco. En este Reporte se afirma que los fenómenos, como el calentamiento de la atmósfera y los océanos, la reducción de las superficies cubiertas con hielo y nieve y, el aumento del nivel del mar, observados desde la década de los cincuenta a la fecha, no se habían presentado en varios miles de años. La principal causa de los mismos, de acuerdo al reporte, está relacionada con las actividades humanas.

Para hacer frente a este reto y actuar con responsabilidad global ante sus compromisos con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) e instrumentar el nuevo marco normativo a nivel nacional, el Gobierno de la República en conjunto con la Comisión Nacional del Agua, ha elaborado el Programa Nacional Hídrico 2014-2018 (PNH) en el cual se establece estrategias y líneas de acción orientadas a lograr la seguridad y la sustentabilidad hídrica en México. El PNH a su vez se encuentra alineado al Plan Nacional de

Desarrollo (PND) 2013-2018 y con diversos programas sectoriales de la administración pública federal.

El PND 2013-2018 es la hoja de ruta que contiene las metas nacionales, los grandes objetivos de las políticas públicas y las acciones para llevar a México a su máximo potencial. Establece que se actuará de manera simultánea con base en tres estrategias transversales y cinco grandes metas nacionales (ver la Figura 2).

FIGURA 2. Metas Nacionales y Estrategias Transversales del PND



Con apego al PND 2013-2018, se establecen cinco lineamientos rectores para el sector hídrico en México:

- El agua como elemento integrador de los mexicanos.
- El agua como elemento de justicia social.
- Sociedad informada y participativa para desarrollar una cultura del agua.
- El agua como promotor del desarrollo sustentable.
- México como referente mundial en el tema del agua.

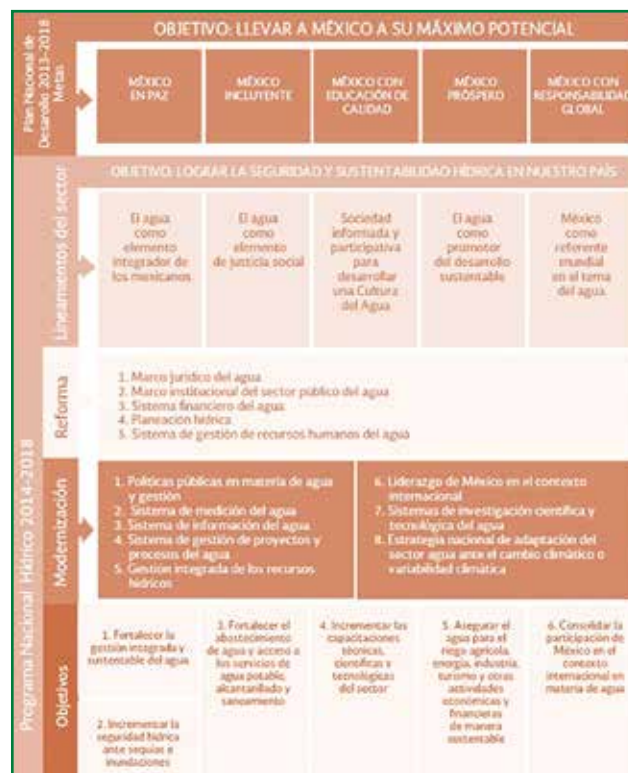
Además de los objetivos, estrategias y líneas de acción que se desplegarán en el periodo 2013-2018.

- Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua.
- Incrementar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones.
- Fortalecer el abastecimiento de agua y el acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

- Incrementar las capacidades técnicas, científicas y tecnológicas del sector.
- Asegurar el agua para el riego agrícola, energía, industria, turismo y otras actividades económicas y financieras de manera sustentable.
- Consolidar la participación de México en el contexto internacional en materia de agua.
- Incrementar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones.

En este sentido, el PNH 2014-2018 está alineado con diversos programas sectoriales y a las cinco metas nacionales del PND 2013-2018 como se ilustra en la Figura 3.

FIGURA 3. Alineación del PNH y PND



Ahora bien, de las metas nacionales, México en Paz y México Próspero, en conjunto con los objetivos 1 y 2 del PECC, se desprenden las estrategias y líneas de acción que la CONAGUA tiene como compromiso para coadyuvar a mitigar el cambio climático. Los cuales se describen a continuación;

Meta Nacional: México En Paz

Objetivo 1 del PECC:

Reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica.

Transversal al Objetivo

Programa Nacional para la Igualdad de Oportunidades y no Discriminación contra las Mujeres PROIGUALDAD 2013-2018

Objetivo transversal 3:

Promover el acceso de las mujeres al trabajo remunerado, empleo decente y recursos productivos, en un marco de igualdad.

Estrategia 3.4

Promover el acceso de las mujeres a la propiedad de tierra, agua, tecnología e información de mercados, para fines productivos

Líneas de acción	Tipo de línea de acción	Instancia encargada del seguimiento
3.4.9 Fomentar el acceso de las mujeres a los recursos hídricos	Específica (CONAGUA)	SEMARNAT

Objetivo transversal 5:

Generar entornos seguros y amigables de convivencia familiar y social, actividades de tiempo libre y movilidad segura para las mujeres y niñas

Estrategia 5.5

Incorporar la perspectiva de género en las políticas ambientales y de sustentabilidad, incluyendo el marco jurídico en materia ambiental

Líneas de acción	Tipo de línea de acción	Instancia encargada del seguimiento
5.5.8 Impulsar el saneamiento y abasto de agua para consumo humano y uso doméstico, en zonas rurales donde las mujeres abastecen	Específica (CONAGUA)	SEMARNAT

Meta Nacional: México Prospero

Objetivo 2 del PECC:

Conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas garantizando sus servicios ambientales para la mitigación y adaptación al cambio climático.

Transversal al Objetivo

Programa para Democratizar la Productividad 2013-2018.

Objetivo transversal 1:

Promover el uso y asignación eficiente de los factores de producción de la economía

Estrategia 1.4.		
Promover el manejo eficiente y sustentable del capital natural y reforzar el cuidado del medio ambiente del país		
Líneas de acción	Tipo de línea de acción	Instancia encargada del seguimiento
1.4.4 Modernizar y expandir la infraestructura Hidroagrícola que permita el uso racional y eficiente del agua.	Específica (SAGARPA, CONAGUA)	CONAGUA

Objetivo transversal 3:

Fortalecer el ambiente de negocios en el que operan las empresas y productores del país.

Estrategia 3.5.		
Promover inversiones en infraestructura física y de logística para reducir los costos de operación de las empresas		
Líneas de acción	Tipo de línea de acción	Instancia encargada del seguimiento
3.5.8 Modernizar y ampliar la infraestructura Hidroagrícola	Específica (CONAGUA, SAGARPA)	CONAGUA

Además del Programa Nacional Hídrico, el Plan Nacional de Desarrollo y el Programa Especial de Cambio Climático, el principal instrumento de política con el que cuenta el país para enfrentar el cambio climático es la Ley General de Cambio Climático.

Este ordenamiento tiene como objetivo regular, fomentar y posibilitar la instrumentación de la política nacional de cambio climático e incorpora acciones de adaptación y mitigación con un enfoque de largo plazo, sistemático, descentralizado, participativo e integral.

La LGCC determina de manera clara el alcance y contenido de la política nacional de cambio climático, define las obligaciones de las autoridades del Estado y las facultades de los tres órdenes de gobierno, además establece los mecanismos institucionales necesarios para enfrentar este reto. Conforme a la Ley, la federación es la encargada de formular y conducir la política nacional de cambio climático de acuerdo con principios claramente definidos, entre los que destaca de manera relevante la corresponsabilidad social.

Para lograr la coordinación efectiva de los distintos órdenes de gobierno y la concertación entre los sectores público, privado y social, la LGCC prevé la integración del Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC). Este sistema debe propiciar sinergias para enfrentar de manera conjunta la vulnerabilidad y los riesgos del país ante el fenómeno y establecer las acciones prioritarias de mitigación y adaptación.

El SINACC lo integran la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC); el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC); el Consejo de Cambio Climático (C3); las entidades federativas; las asociaciones de autoridades municipales; y el Congreso de la Unión. Ver Figura 4.

FIGURA 4. Marco Institucional del Sistema Nacional de Cambio Climático



La CICC es el mecanismo permanente de coordinación de acciones entre las dependencias y entidades de la administración pública federal en materia de cambio climático. Está integrada por 13 secretarías de Estado: Secretaría de Gobernación (SEGOB), Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), Secretaría de Marina (SEMAR), Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Energía (SENER), Secretaría de Economía (SE), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Secretaría de Educación Pública (SEP), Secretaría de Salud (SSA) y Secretaría de Turismo (SECTUR). Entre las funciones de la CICC se encuentran:

- Formular e instrumentar políticas nacionales para la mitigación y adaptación al cambio climático, así como su incorporación a los programas y acciones sectoriales correspondientes;
- Desarrollar los criterios de transversalidad e integralidad de las políticas públicas para que los apliquen las dependencias y entidades de la administración pública federal centralizada y paraestatal;
- Aprobar la ENCC; y
- Participar en la elaboración e instrumentación del Programa Especial de Cambio Climático (PECC).

El INECC es el instituto de investigación que crea la LGCC para coordinar y realizar estudios y proyectos de investigación científica y tecnológica con instituciones académicas, de investigación, públicas o privadas, nacionales o extranjeras, en materia de cambio climático. Es la institución encargada de realizar los análisis de prospectiva sectorial y de colaborar en la elaboración de estrategias, planes, programas e instrumentos relacionados con cambio climático. Su trabajo incluye la estimación de los costos futuros asociados a este fenómeno y de los beneficios derivados de las acciones para enfrentarlo.

La evaluación de la política nacional de cambio climático recae en la Coordinación de Evaluación, integrada por el titular del INECC y seis consejeros sociales, y puede realizarse mediante uno o varios organismos independientes.

El C3 es el órgano permanente de consulta de la CICC y está integrado por miembros provenientes de los sectores social, privado y académico con experiencia en cambio climático. Entre sus funciones destacan:

- Asesorar a la CICC y recomendarle la realización de estudios, políticas y acciones, así como fijar metas tendientes a enfrentar los efectos adversos del cambio climático y
- Promover la participación social, informada y responsable, mediante consultas públicas.

La CONAGUA también ha participado en diversos proyectos con objeto de contar con herramientas y tecnologías, conocimiento que permitan tener un diagnóstico a nivel nacional, y contar con métodos para pronosticar en el corto y mediano plazos. Este tipo de información ayudará a implementar políticas y programas más adecuados para la gestión integral del agua.

Por ello, desde el 2010 la CONAGUA y la Alianza entre el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) y la Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. (FGRA) han realizado esfuerzos conjuntos para establecer reservas de agua que aseguren la conservación de los principales ecosistemas de México, así como la disponibilidad del recurso para las generaciones presentes y futuras.

Esta alianza realizó un estudio para identificar aquellas cuencas hidrológicas del país con disponibilidad de agua y que por su riqueza biológica, importancia ecológica y escasa presión hídrica, presentan condiciones favorables para establecer reservas de agua

que garanticen los flujos para la protección ecológica, cuyos objetivos son:

- Establecer un sistema nacional de reservas de agua;
- Demostrar los beneficios de las reservas de agua como instrumento garante de la funcionalidad del ciclo hidrológico y sus servicios ambientales;
- Fortalecer las capacidades para la aplicación de la norma de caudal ecológico en todo el país.

Este programa representa una acción temprana de adaptación, enfocado en rescatar agua para el ambiente y las futuras generaciones y coincide con la imperiosa necesidad de la sociedad de recuperar su patrimonio natural, mediante una gestión centrada en el ahorro y que garantice cuencas en equilibrio.

Por otro lado, el incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) está provocando un aumento en la temperatura de la tierra. Los efectos del calentamiento global incluyen la elevación del nivel del mar y cambios en los patrones de precipitación pluvial, entre otros. Como consecuencia, la escasez de agua, inundaciones y erosión ocurren con más frecuencia e intensidad; estos impactos son una amenaza para la vida humana, viviendas, el suministro de agua potable, cosechas y sistemas productivos. Por ello, el sector hídrico debe adaptarse al cambio climático para asegurar una adecuada gestión del agua en el futuro.

Al mismo tiempo, el suministro de agua potable y el tratamiento de aguas residuales también contribuyen a las emisiones de GEI. Las empresas de servicios de agua y saneamiento normalmente tienen altos consumos de energía, con las pérdidas de agua aumentando el consumo energético necesario para proveer el servicio; mientras que las aguas residuales no tratadas son una fuente importante de emisiones directas de metano y óxido nitroso, incrementando aún más la huella de carbono del sector hídrico.

Hacer más eficientes los procesos y gestión del sector, mejorar la tecnología y reusar el agua tratada, recuperar energía, nutrientes y otros productos de las aguas residuales, son excelentes oportunidades para mejorar el balance de carbono de las empresas de servicios de agua y saneamiento, y de esa manera contribuir a la mitigación del cambio climático. Estas medidas abren la posibilidad al sector de agua y saneamiento de ser líder en la batalla contra el cambio climático, algo que debe aprovecharse debido a

que los impactos del cambio climático amenazan el sector del agua más que cualquier otro sector.

Con este fin, la CONAGUA está implementando tecnologías en empresas piloto que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, tales como sistemas de reducción de pérdida de agua, bombas de eficiencia energética, generación de biogás y producción de fertilizantes a partir de aguas residuales, mediante el Proyecto WaCCliM, Empresas de Agua y Saneamiento para la mitigación del cambio climático.

WaCCliM es un proyecto global, de Cooperación Trilateral, México-Tailandia-Perú, implementado por la Agencia de Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ) y la Asociación Internacional del Agua (IWA) en México, Tailandia, Perú y Jordania, junto con sus socios principales, que en México es la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA). El proyecto es financiado por el Ministerio Federal del Ambiente de Alemania, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear (BMUB) como parte de la Iniciativa Internacional del Clima (IKI) y tiene el objetivo de apoyar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en las actividades de los Organismos Operadores de Servicios de Agua Potable y de Saneamiento.

Desde el año 2014 en esta cooperación técnica se trabaja con los organismos operadores de San Francisco del Rincón, Guanajuato, a los que se ha apoyado para reducir la huella de carbono de sus operaciones, incluyendo la generación de energía con biogás producido en el proceso de tratamiento de aguas residuales. El proyecto tiene un enfoque intersectorial que vincula el agua y energía, se tienen identificadas las oportunidades de mejora y las recomendaciones de cómo optimizar procesos para integrar tecnologías en el ciclo urbano de agua.

7.3 Incentivas y Normas para la Recuperación de Agua de Lluvia

Las zonas rurales en México cuentan con una diversidad social, cultural y demográfica, aspectos que deben ser considerados para instalar sistemas de abastecimiento de agua potable. Asimismo, en estas localidades, se presenta generalmente un alto grado de dispersión de viviendas, generando un incremento en los costos de instalación de un sistema

por toma domiciliaria comparado con un abasto por llave comunitaria o de captación de agua de lluvia. En zonas montañosas se pueden presentar costos de operación de sistemas de bombeo que resultan onerosos para los usuarios.

CONAGUA ha identificado alternativas viables, sustentables a largo plazo y cuidadosas con el medio ambiente. El abasto por captación de agua de lluvia representa una opción donde el usuario efectúa el mantenimiento del sistema y de esta forma no requiere pagar por el servicio.

En México se estiman 35 779 localidades en donde llueve más de 1 500 mm al año, en donde se pueden proponer sistemas de captación de agua de lluvia que permitan abastecer los 50 litros por habitante requeridos, ya sea como abasto primario o complementario si es menor a este valor. Por esta razón la CONAGUA puso en marcha el **Programa Nacional para la Captación de Agua de Lluvia y Ecotecnias en Zonas Rurales (PROCAPTAR)** el cual permitirá destinar recursos federales a las localidades seleccionadas que cumplan con los criterios establecidos.

Como se explicó anteriormente el PROCAPTAR, surge de la necesidad de dotar de agua a la población rural de México, en donde existen dificultades de índole técnica y económica para ser abastecidos mediante formas convencionales (sistemas de bombeo, redes de distribución, etc.) como se realiza comúnmente en las zonas urbanas. El programa permitirá abastecer de agua a la gente que hoy no cuenta con el servicio y que se tiene que trasladar grandes distancias para poder acceder al vital líquido. Dentro de los objetivos específicos del programa se encuentran:

- Impulsar el desarrollo social, el acceso al agua y saneamiento de las viviendas de zonas rurales de mayor marginación, mediante sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia y tecnologías de tratamiento de aguas residuales a nivel vivienda.
- Involucrar a la sociedad de forma activa.
- Ayudar a abatir la pobreza multidimensional en el ámbito de los servicios básicos.

Los criterios establecidos para que una localidad sea seleccionada por el PROCAPTAR son: que la localidad

se encuentre en las zonas rurales de México, que se encuentran bajo condiciones de alta y muy alta marginación, y que presenten lluvias anuales acumuladas iguales o mayores a 1 500 mm.

Para estas localidades el apoyo del programa es de hasta el 100% para la instalación de un sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel familiar por vivienda, que permitan abastecer al menos con 50 litros por persona al día, durante los 365 días del año, teniendo como premisa adicional la instalación en paralelo de un sistema de tratamiento de aguas residuales a nivel vivienda.

Para implementar este programa la CONAGUA ha emitido los lineamientos técnicos sobre captación de agua de lluvia, a través del “Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento”, Libro 7, “Obras de Captación Superficiales” y Libro 31, “Diseño de Plantas de Tratamiento de aguas residuales municipales: Zonas rurales, Periurbanas y Desarrollos Turísticos” que sirven como base para los Sistemas de Captación Pluvial a nivel vivienda que deseen ser implementados.

El agua de lluvia debe ser un recurso, no una amenaza, por ello, CONAGUA establece un segundo programa para el impulso de la infraestructura para la captación y el almacenamiento del agua pluvial; el **Programa de Prevención contra Contingencias Hidráulicas (PRONACCH)**. El objetivo de este programa es proponer soluciones orientadas a reducir el riesgo existente ante inundaciones a fin de disminuir daños en zonas urbanas y productivas, anteponiendo en lo posible soluciones no estructurales antes de propuestas estructurales.

El Programa comprende tres elementos principales:

- El monitoreo, la vigilancia, el pronóstico hidrológico y el alertamiento.
- Los programas de ordenamiento territorial entre ellos la delimitación de zonas federales y la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos por inundación.
- La formulación de políticas de operación de presas.

POR UN MÉXICO CON AGUA
www.gob.mx/semarnat • www.gob.mx/conagua