



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ACTUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL  
CATASTRO DE LA INFRAESTRUCTURA  
HIDRÁULICA EXISTENTE EN LA  
DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO EN LA  
CIUDAD DE MÉXICO**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Civil**

**P R E S E N T A N**

Gonzalo Antonio Arzate Meza

Marco Antonio González Tapia

Jorge Bernal Ruiz

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Oscar Enrique Martínez Jurado



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA  
COMITÉ DE TITULACIÓN  
FING/DICyG/SEAC/UTIT/073/16

Señores  
JORGE BERNAL RUIZ  
MARCO ANTONIO GONZÁLEZ TAPIA  
GONZALO ANTONIO ARZATE MEZA  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. ÓSCAR ENRIQUE MARTÍNEZ JURADO, que aprobó este Comité, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

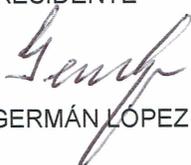
**"ACTUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL CATASTRO DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA  
EXISTENTE EN LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO EN LA CIUDAD DE MÉXICO"**

- INTRODUCCIÓN
- I. GENERALIDADES
- II. CATASTRO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA
- III. CASO DE ESTUDIO: MACROSECTOR I - EVALUACIÓN DE LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO
- IV. CONCLUSIONES

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 8 de septiembre del 2016.  
EL PRESIDENTE

  
M.I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN

GLR/MTH\*gar.

---

---

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A la Facultad de Ingeniería de la UNAM**

Por la oportunidad que nos brindó de cursar nuestros estudios de licenciatura y por la invaluable formación profesional que nos dieron sus profesores.

### **Al Programa de Apoyo a la Titulación**

Por representar una excelente alternativa que coadyuvó a nuestra titulación.

### **A nuestro asesor de tesis Ing. Oscar Enrique Martínez Jurado**

Por su guía, apoyo y paciencia constante para la elaboración del presente trabajo.

### **A nuestros sinodales**

Ing. Guillermo Casar Maros

Ing. Heriberto Esquivel Castellanos

Ing. Casiano Aguilar Morales

Ing. Pablo Juárez Montoya

Por su colaboración y tiempo dedicado a la revisión de este trabajo.

Gonzalo Antonio Arzate Meza

Marco Antonio González Tapia

Jorge Bernal Ruiz

---

---

## **DEDICATORIAS**

### **A mi esposa Ana y mis hijos María José, Jorge e Iker**

Por su amor y ser lo más valioso.

### **A mi padre Eligio† y mi madre Alicia**

Por su apoyo, paciencia e impulso siempre presentes; gracias por todo.

### **A mis hermanos Pablo, Enrique, Graciela y Oscar**

Por su compañía y apoyo constantes.

### **A mis compañeros de tesis y amigos, Gonzalo y Marco**

Por su colaboración, dedicación y esfuerzo para la realización de este trabajo.

Jorge Bernal Ruiz

---

---

## **DEDICATORIAS**

### **A mi madre Patricia† y a mi padre Gonzalo†**

Donde quiera que estén, les dedico este esfuerzo, en especial a ti mamá, que a pesar de tus limitaciones nunca te diste por vencida para sacarnos adelante.

### **A mi hija, Viviana Isabel**

Por tu amor y alegría, tu presencia le da sentido a mi vida.

### **A mis hermanos, en especial a Nancy**

Compañeros de batallas de nuestras infancias, por los buenos momentos.

### **A los que de una u otra forma me apoyaron, en especial a Olianna**

Por ustedes.

### **A mis compañeros de tesis y amigos, Jorge y Marco**

Por su profesionalismo, compromiso y voluntad para concluir este trabajo.

Gonzalo Antonio Arzate Meza

---

---

## **DEDICATORIAS**

### **A mi esposa Claudia y mis hijos Mariana y Mateo**

Por ser mí fuerza y darme alegría todos los días.

### **A mi padre Miguel y mi madre Adela**

Por su amor incondicional y todas sus enseñanzas.

### **A mis hermanos María del Carmen, Liliana y José Miguel**

Por enseñarme cada día que la familia es lo más importante.

### **A mis compañeros de tesis y amigos, Gonzalo y Marco**

Por su tiempo y empeño para la culminación de esta meta.

Marco Antonio González Tapia

---

---

---

# ÍNDICE

<b>Introducción</b>	I
<b>Capítulo I. Generalidades</b>	1
I.1. Características físicas y urbanas del Valle de México	1
I.2. Gestión e infraestructura hidráulica en la Ciudad de México	11
I.2.1. Gestión hidráulica	11
I.2.2. Infraestructura hidráulica	16
I.3. Problemática y directrices en el manejo del agua potable en la Ciudad de México	28
<b>Capítulo II. Catastro de infraestructura hidráulica</b>	36
II.1. Importancia del Catastro	36
II.2. Procedimiento para el levantamiento del Catastro de redes de agua potable	46
II.3. Descripción del procedimiento de sectorización aplicada a una red de abastecimiento de agua potable	62
II.4. Características y uso de los sistemas de información geográfica aplicados a redes de distribución de agua potable	79
<b>Capítulo III. Caso de estudio: macrosector I – evaluación de la delegación Gustavo A. Madero</b>	94
III.1. Características físicas y urbanas	94
III.2. Situación actual de la infraestructura hidráulica de la delegación Gustavo A. Madero	104
III.2.1. Problemática en el suministro de servicios hidráulicos	111
III.3. Delimitación del estudio	115
III.4. Aplicación del método	123
III.4.1. Recopilación y análisis de información	125
III.4.2. Recorridos preliminares	127
III.4.3. Nivelación de tapas	129
III.4.4. Actualización de planimetría	131
III.4.5. Inspección y referenciación de cajas	134

---

---

---

III.4.6.	Georeferenciación de cajas con GPS	140
III.4.7.	Detección y ubicación de cajas	142
III.4.8.	Ubicación y referenciación de estructuras especiales	145
III.4.9.	Desasfaltado de tapas	151
III.4.10.	Apertura de tapas selladas	153
III.4.11.	Desazolve o achique de cajas	155
III.4.12.	Revisión de congruencia de agua potable en la delegación Gustavo A. Madero	159
<b>Capítulo IV.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>169</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>173</b>
	<b>Lista de figuras y cuadros</b>	<b>180</b>

---

---

---

## INTRODUCCIÓN

El agua, elemento imprescindible para cualquier actividad humana desde las civilizaciones antiguas hasta las modernas, representa un reto de primer orden para su manejo y distribución ya sea en el campo, en la industria o en las zonas urbanas; y es precisamente en las grandes urbes donde su manejo cobra relevancia ya que en ellas se localizan las mayores densidades de población que reclaman un suministro de calidad, constante y suficiente del líquido, pero la política del agua no sólo debe estar encaminada a satisfacer estos tres elementos sino también debe estar encauzada a efectuar un uso eficiente de este recurso.

En el pasado, las civilizaciones antiguas no requerían de un esfuerzo mayúsculo para acceder al líquido ya que de manera inteligente buscaban las orillas de lagos o ríos para asentarse y con ello garantizaban el suministro del agua para sus actividades y desarrollo, sin embargo el crecimiento y expansión de dichas civilizaciones obligó a desarrollar infraestructura de distribución más formal, ordenada y equitativa para suministrar agua en la cantidad y calidad necesarias, en los lugares requeridos y con la mayor practicidad posible, es así como surgen las redes hidráulicas las cuales, como un eslabón de los servicios públicos de una ciudad, satisfacen el suministro de agua que requieren las diferentes esferas del desarrollo humano.

Lamentablemente el crecimiento de las grandes urbes, como la Ciudad de México y su zona metropolitana, se ha dado de una manera acelerada y por lo tanto desordenada, lo cual trae como consecuencia que se presenten serias ineficiencias y carencias de los servicios públicos, entre ellos el del suministro del agua que se da a través de las redes hidráulicas, situación que los gobiernos a través de sus organismos operadores buscan remediar primeramente con el conocimiento detallado, preciso y actualizado de la infraestructura hidráulica con la que cuentan lo cual se consigue a través de catastros o levantamientos hidráulicos y con el uso de plataformas tecnológicas de última generación que sirvan como base para tomar las decisiones más adecuadas en el manejo eficiente del agua.

Es por ello que el Catastro de la infraestructura hidráulica representa una pieza angular y fundamental en la operación del agua, ya que resuelve la interrogante de con que elementos se cuentan en la red examinada y, por consiguiente, resulta necesario conocer sus procesos y metodologías para aplicarlo de manera esquemática y con ello obtener la información

---

---

requerida, pero también es necesario conocer el tipo de información que se obtendrá del mismo y las herramientas tecnológicas disponibles para concentrar dicha información y facilitar tanto su manejo como su consulta para los fines que se tengan.

El presente trabajo se enfoca a examinar la metodología para efectuar el Catastro de la infraestructura hidráulica y su aplicación en un caso específico que corresponde a la delegación Gustavo A. Madero ya que en ella, como en otras delegaciones de la ciudad, se observan diferencias significativa de la red hidráulica entre la información de campo y la registrada en los planos de la dependencia, siendo indispensable el conocimiento certero de los activos con que cuenta así como la actualización del catastro de infraestructura, a fin de contar con la información suficiente y necesaria que sirva de base a las actividades de conservación y mantenimiento u otros como, análisis, modelado y control operativo de la infraestructura hidráulica.

Por otra parte, para poder comprender mejor la importancia que tiene el Catastro para el sistema de agua potable de la delegación Gustavo A. Madero, así como el de la Ciudad de México, es necesario brindar un panorama que permita tener una idea clara de los factores que intervienen en el complejo proceso que involucra suministrar y distribuir este vital recurso, además de dar a conocer la infraestructura que se requiere para tal efecto.

Por lo anterior, en el capítulo I, Generalidades, se revisan las características físicas y urbanas más relevantes del valle de México así como su organización operacional para afrontar la gestión y funcionamiento hidráulico de su zona metropolitana, igualmente se revisan las problemáticas detectadas y las directrices establecidas para el manejo del agua en la zona.

En el capítulo II, Catastro de infraestructura hidráulica, se explica el concepto e importancia de esta actividad, se revisa detalladamente el procedimiento que debe llevarse a cabo para obtener un Catastro exitoso con el que se obtengan los resultados esperados, también se explica en qué consisten la sectorización y los sistemas de información geográfica aplicados a las redes de distribución de agua potable.

El capítulo III, Caso de estudio, se aplica el procedimiento del Catastro hidráulico a la delegación Gustavo A. Madero la cual es parte del macrosector I de la Ciudad de México, aquí se explican a detalle las diferentes actividades que se realizaron como parte del Catastro de esta delegación, lo anterior se consigue con el empleo de explicaciones concretas, fotografías y cuadros que

---

---

ilustran los trabajos realizados tanto en gabinete como en campo y los datos obtenidos de la red de agua potable.

Por último, en el capítulo IV, se plasman las conclusiones y recomendaciones del Catastro hidráulico tanto a nivel general como a nivel particular sobre el caso de estudio.

---

---

# ***Capítulo I.***

## ***Generalidades***

- I.1. Características físicas y urbanas del Valle de México**
  - I.2. Gestión e infraestructura hidráulica en la Ciudad de México**
  - I.3. Problemática y directrices en el manejo del agua potable en la Ciudad de México**
-

---

---

## **CAPÍTULO I. GENERALIDADES**

El Valle de México es un lugar estratégico que por sus recursos diversos y ubicación ha sido poblado a través del tiempo por diferentes civilizaciones, en el presente se localiza en él la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) la cual se caracteriza por ser una de las más pobladas y complejas del mundo, y por supuesto la principal zona metropolitana de México, la cual se distingue del resto por una alta densidad demográfica y por su variedad de contrastes tanto étnicos, sociales, como culturales, todo ello como resultado de una migración constante hacia su territorio motivada por un sistema central de desarrollo.

### **I.1. Características físicas y urbanas del Valle de México**

#### Historia

A la llegada de los españoles a principios del siglo XVI, se calcula que vivían en el Valle de México cerca de un millón de personas, cuyas ciudades contaban con pirámides, templos, acueductos, calzadas, puentes, diques, acequias, canales y chinampas. Tenían ya un buen manejo del agua: los lagos contaban con diferentes alturas unos con respecto a otros y en épocas de inundación se tenía el reto de controlar las avenidas. Las aguas salobres y las potables eran otro problema a resolver lo cual se fue logrando con obras como las siguientes.

- Ingeniería prehispánica: Se construyó una extensa red hidráulica con obras como calzadas – diques, acueductos, canales, puertos, ríos canalizados y presas, que hicieron posible tanto el poblamiento urbano como la navegación y la práctica de la agricultura chinampera.
- Cultivos: Gracias a los sedimentos provenientes de los canales, los trasplantes, la fertilización y otras técnicas especiales se lograban cosechar cultivos variados en las chinampas.
- Suministro de agua: En las laderas de las montañas se construyeron terrazas y sistemas hidráulicos para riego y abasto doméstico que recogían el agua de los manantiales y ríos que rodeaban los lagos.
- Albarradón de Nezahualcóyotl: Alrededor del año 1450 el emperador Nezahualcóyotl mandó construir un dique para dividir el lago de Texcoco en dos con el objeto de separar las aguas salobres de las dulces.

- 
- 
- Acueducto de Chapultepec: Hacia 1466 se construyó el primer acueducto que proveía, desde Chapultepec, agua dulce a Tenochtitlán. Los habitantes del antiguo lago no utilizaban el agua del lago para usos domésticos ya que ésta era salobre.

A partir del siglo XVI, con la conquista, los españoles se dieron a la tarea de desaparecer los lagos de la cuenca de México para fundar los cimientos de lo que hoy conocemos como la Ciudad de México, también fue necesario garantizar el suministro de agua para lo cual se realizaron obras como las siguientes.

- Túnel de Huehuetoca: En 1607 inicio la obra más importante de toda América durante la Colonia, la construcción del Túnel de Huehuetoca con 7 km de largo y a 50 m de profundidad, que comunicó al lago de Zumpango con el río Tula y lo drenó a través del río Cuautitlán.
- Canal de Guadalupe: En 1794 se inició este proyecto para reducir las áreas lacustres, el cual abriría la cuenca y desecaría el lago de San Cristóbal - Xaltocan.
- Suministro de agua. Con la desecación de los lagos los pobladores de la cuenca se abastecieron del agua de los ríos tributarios y manantiales de los alrededores.

En 500 años la cuenca del Valle de México cambió 1,100 km<sup>2</sup> de áreas lacustres por 1,400 km<sup>2</sup> de asfalto y edificaciones. Es uno de los cambios hidrológicos y ambientales más drásticos de los que se tenga registro en la historia de la humanidad. Los 22 millones de habitantes asentados en este valle consumen alrededor de 67.5 m<sup>3</sup>/s de agua.

#### Localización geográfica

El Valle de México se encuentra localizado en el centro sur del país. Se ubica sobre los 19°20' de latitud norte y 99°05' de longitud oeste. Su elevación promedio es de 2,240 msnm, y cuenta con una extensión territorial de 9,739 km<sup>2</sup>.

Este Valle conforma una cuenca integrada por una zona plana correspondiente a los depósitos lacustres, una zona de lomerío y otra montañosa; dicha cuenca es del tipo endorreica, es decir que se trata de una cuenca cerrada sin salida fluvial, sin embargo fue abierta artificialmente mediante la construcción de un desagüe durante la Colonia.

Hidrológicamente la cuenca del Valle de México pertenece a la Región Hidrológica Administrativa XIII denominada Aguas del Valle de México, la cual cuenta con una superficie de 18,229 km<sup>2</sup> y cuya localización en el país se puede observar en la figura I.1.

La Región XIII, para fines de planeación, se divide en dos subregiones, Valle de México y Tula, esta última no es objeto de estudio en el presente trabajo. La subregión Valle de México corresponde a la cuenca del Valle de México y está conformada por las 16 delegaciones políticas que conforman la Ciudad de México y 69 municipios, 50 de los cuales pertenecen al Estado de México, 15 al Estado de Hidalgo y 4 al Estado de Tlaxcala.



**Figura I.1.** Ubicación de la cuenca del Valle de México. Fuente: SEMARNAT, 2013.

Por su parte, la subregión Tula está conformada por 36 municipios (12 del Estado de México y 24 de Hidalgo).

#### Delimitación

La cuenca del Valle de México está delimitada por los parteaguas formados por las cordilleras que unen las cimas de su perímetro. Las corrientes principales fluyen de sur a norte, siendo que



---

---

## Fisiografía

La cuenca del Valle de México se considera una cuenca cerrada, carece de una línea general de drenaje y originalmente la mayoría de los ríos descargaban en los lagos de Zumpango, Texcoco, Xochimilco y Chalco. El lago de Texcoco era el más extenso de todos, se ubicaba en la parte central de la cuenca ocupando una superficie de entre 700 y 1,000 km<sup>2</sup>, recibía agua de los lagos contiguos y su salinidad era alta debido a que sus únicas pérdidas de agua eran a través de la evaporación y la infiltración, ver figura 1.3.

Es ahí, en un islote del lago de Texcoco donde, de acuerdo con diversos documentos, el día 18 de julio de 1325 los mexicas encontraron los símbolos de la tierra prometida: un águila devorando una serpiente sobre un nopal (cactus), estableciendo en consecuencia la capital del imperio Mexica conocida como México – Tenochtitlan.



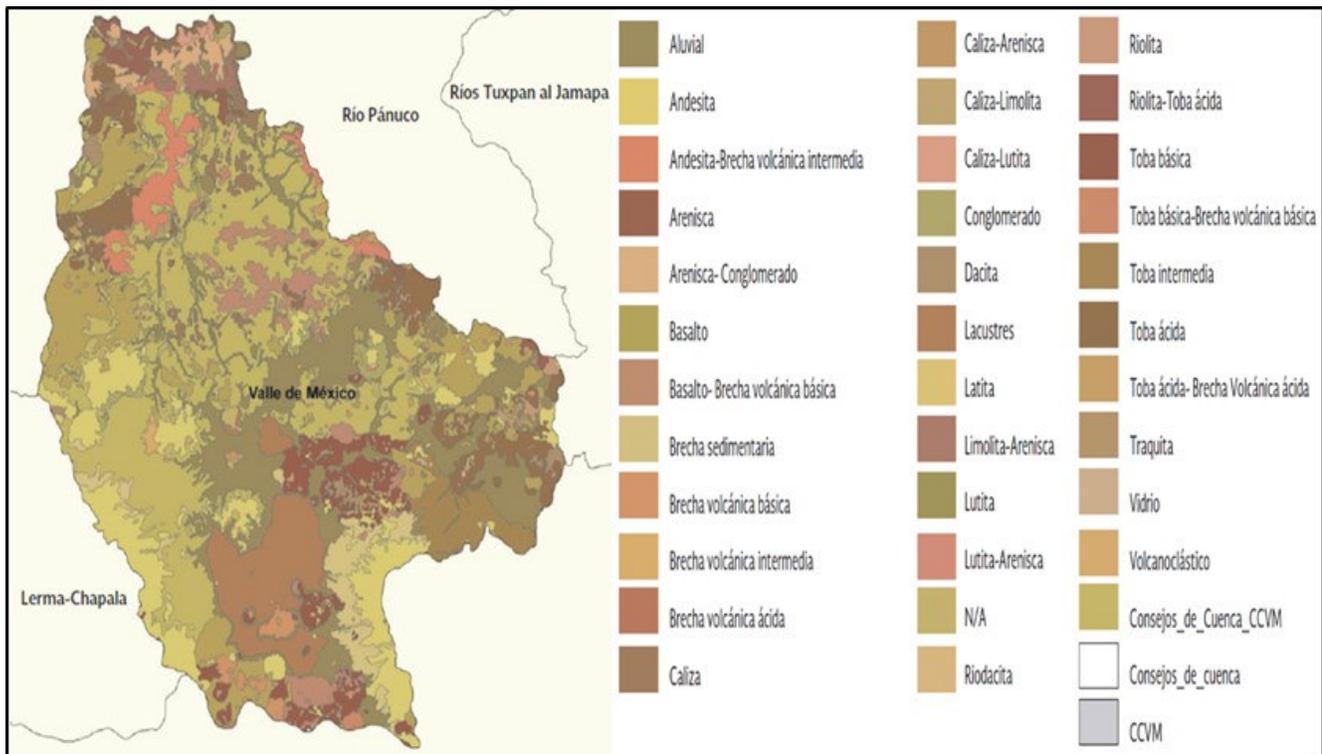
**Figura 1.3.** Antiguos lagos y sus afluentes en la cuenca del Valle de México. Fuente: SACMEX, 2012.

La elevación promedio es de 2,420 msnm, la máxima es de 5,203 msnm y la mínima de 991 msnm. Las máximas elevaciones ocurren en la zona sur, sobre la Sierra de Las Cruces, al sur poniente (Estado de México y Ciudad de México); Sierra Chichinautzin al sur (Ciudad de México) y Sierra Nevada al suroeste (Estado de México y Tlaxcala), las mínimas se ubican, sobre el Valle del Mezquital, en Hidalgo.

Las pendientes promedio de las localidades que se encuentran dentro del Valle de México varían de 5.1 a 6.3°, dependiendo de la entidad federativa, para el caso de la Ciudad de México se tiene una pendiente promedio de 5.7°, Hidalgo 6.0°, Estado de México 6.3° y Tlaxcala 5.1°.

### Geología

Geológicamente, la cuenca del Valle de México está dentro del eje Neovolcánico Transversal, siendo una formación del Terciario tardío que cruza la República Mexicana del Océano Pacífico al Océano Atlántico, con una dirección este - oeste, con varias geoformas presentes, ver figura I.4.



**Figura I.4.** Geología del Valle de México. Fuente: CCVM, 2014.

La cuenca del Valle de México se formó hace 600 mil años, cuando la Sierra Chichinautzin, que divide actualmente a la cuenca de México de la cuenca de Morelos, bloqueó el antiguo drenaje de los ríos Salado y Cuautla, los cuales escurrían hacia el Océano Pacífico dentro del valle que se encuentra entre la Sierra Nevada (volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl) y la Sierra de Las Cruces; dominada por el Nevado de Toluca.

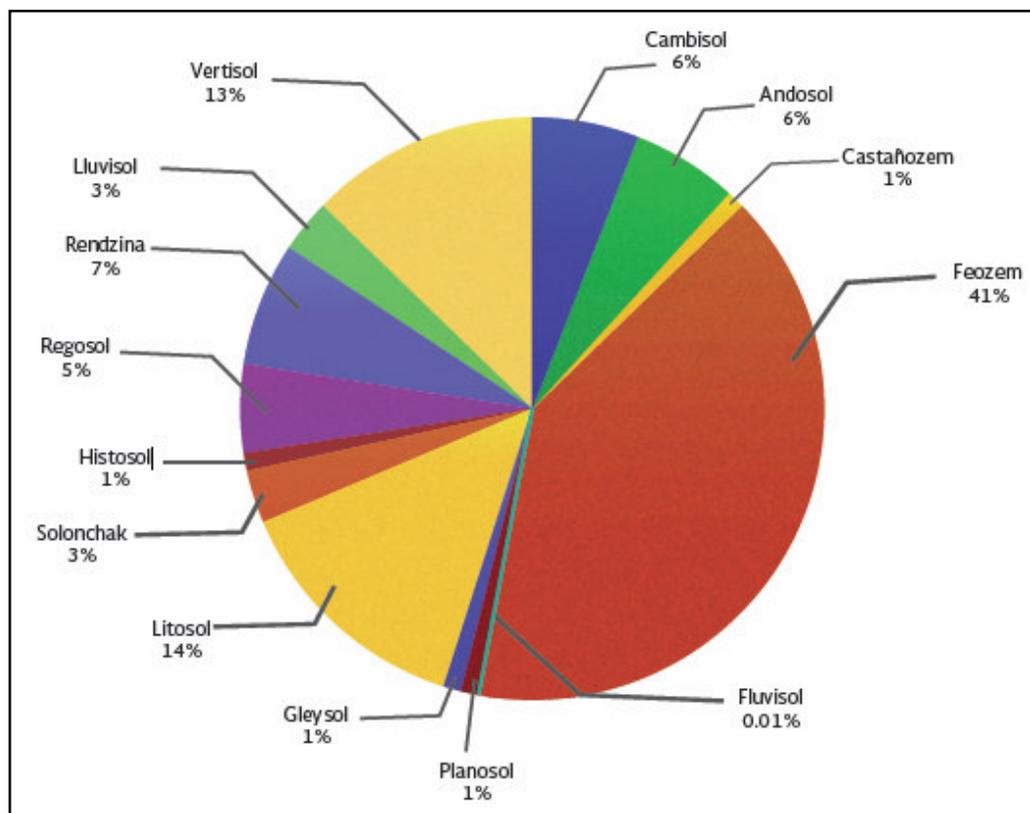
Las lavas que depositó el vulcanismo de las sierras Nevada, de Las Cruces y posteriormente la Sierra del Chichinautzin, formaron la base en donde se acumularían los depósitos aluviales que

constituyen en la actualidad el acuífero superior de la cuenca de México, el cual tiene entre 600 o 700 m de espesor, y en donde subyace la actual Ciudad de México.

Después de haber escurrido el agua de lluvia en la cuenca de México por los ríos que se originaban en las montañas cercanas, y de haber acarreado material sedimentario desprendido de sus laderas por aproximadamente 600 mil años, se formaron los lagos de Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco. Los lagos de Xochimilco y Chalco se ubicaban en la parte baja de la cuenca, estaban cubiertos con vegetación flotante y contenían aguas dulces debido al flujo de numerosos arroyos. Los lagos de poca profundidad, Zumpango y Xaltocan, se ubicaban en la parte alta, por lo que en época de lluvias descargaban al lago de Texcoco sus excedentes de agua.

### Edafología

Las unidades edafológicas predominantes son: Feozems, Litosoles y Vertisoles. Los primeros están localizados en las áreas cultivables y planas de Hidalgo y Estado de México. Los segundos se encuentran en las sierras como Chichinautzin, Guadalupe, Nevada, etc. Los terceros están dispersos entre Hidalgo y el Estado de México, ver figura I.5.



**Figura I.5.** Tipos de suelos en el Valle de México. Fuente: CCVM, 2014.

---

---

## Clima y lluvia

El clima en el área central de valle es templado, con temperaturas que oscilan entre los 25 °C en verano y los -5 °C en la fase más aguda del invierno. Ostenta una temperatura media anual aproximada de entre 13 °C y 17 °C. Las nieves cubren las montañas cada invierno mientras que las cumbres más altas tienen nieves perpetuas.

La precipitación media anual es de 700.89 mm para la subregión Valle de México la cual es ligeramente inferior a la media nacional (772 mm); la variación de este parámetro va de los 402.27 mm en la zona de Ixmiquilpan, hasta los 1,300 mm en la parte alta de las sierras de Monte Alto.

La evaporación potencial media anual es de aproximadamente 1,524 mm, que supera los valores de lluvia anual; casi el 76% del agua que llueve se evapora y regresa a la atmósfera, el resto escurre por los ríos o arroyos o se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos.

En esta región el clima ha sufrido cambios significativos en los últimos 500 años, debido al proceso de urbanización ocurrido en el área del valle. Alrededor del año 1400 el clima en el valle era increíblemente estable, ya que el efecto de las montañas y de la evaporación del lago daban como resultado una humedad ambiental constante y relativamente alta, cosa que hacía del lago un lugar sumamente fértil y agradable para vivir y propició su poblamiento. Este proceso data de la época de Tlatilco, alrededor del año 1000 AC, aunque se cree que el área ya estaba habitada desde tiempos anteriores.

## Demografía

Desde 1980, México es un país donde la mayor parte de la población reside en centros urbanos. El 80% de la población mexicana vive en ciudades y grandes zonas metropolitanas del altiplano central, El Bajío, los llanos occidentales, zonas costeras y principalmente al norte del país. El 20% de los mexicanos viven en zonas rurales concentradas principalmente al sur y sureste del país.

Dentro del Valle de México se ubica la ZMVM, con una superficie de 3,540 km<sup>2</sup> cuyo crecimiento de su población ha sido uno de los más acentuados a nivel mundial.

Considerando el área urbana de la ZMVM, la mancha urbana aumentó su tamaño 5.40 veces en 50 años, entre 1950 y 2000, y 5.65 veces su población entre 1950 y 2005. Según los resultados del censo elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el año 2010 esta zona contaba con una población de alrededor de 22 millones de habitantes, tan sólo

---

---

en la Ciudad de México son 8,851,080 habitantes. Según datos de la ONU en el año 2012 la ZMVM constituyó una de las aglomeraciones urbanas más poblada del mundo.

Del total de la superficie de la ZMVM, actualmente el 65.5% de la tierra es de uso urbano (43% de la Ciudad de México y 22.5% del Estado de México) y el 34.5% restante es zona rural con usos del suelo agrícola, pecuario, forestal y áreas de conservación.

### Economía

La Región del Valle de México ocupa menos del 1% del territorio nacional, y sin embargo, en ella habita el 20% de la población total del país; la Ciudad de México y su área conurbada han mantenido los mayores niveles de población, influencia económica y política, con respecto a los demás centros de población del país.

En las últimas cuatro décadas, la concentración del mercado de bienes y servicios así como la reubicación e instalación de industrias motivó la apertura de fuentes de empleo en la ZMVM. Este gran dinamismo productivo y la excesiva concentración de riqueza y población se refleja en el Producto Interno Bruto (PIB) que se genera en la Región del Valle de México, del 31.8% del PIB nacional. De este porcentaje la Ciudad de México aportó un 22.9%, el Estado de México un 8.1% y los Estados de Hidalgo y Tlaxcala aportaron en conjunto casi el 0.8%.

El sistema económico en la región se encuentra en un proceso de reestructuración, particularmente en la subregión Valle de México. Las políticas de desconcentración emprendidas en la década pasada afectaron principalmente a las industrias al modificarse el esquema económico que favorecía su presencia en la región, por lo que en las últimas dos décadas ha disminuido la participación de la población económicamente activa en las actividades dentro del sector secundario, básicamente en la industria manufacturera y de la construcción. Sin embargo, esta disminución provocó un incremento de las actividades comerciales y de servicios correspondientes al sector terciario.

El escenario económico en el período 1989 – 1993 se caracterizó por la apertura a los mercados internacionales, el inicio de la reconversión industrial, la inversión extranjera orientada a la obtención de altos rendimientos en corto plazo, la reducción de la base fiscal y una disminución de la inversión económica en la ciudad.

La importancia económica de esta región representa la tercera parte de la riqueza que genera este país, de aquí la importancia de llevar a cabo las inversiones propuestas, ya que representa

arriesgar esta parte del ingreso y del colapso de toda la infraestructura existente afectando a una quinta parte de la población del país y a los mayores inversionistas.

De no llevarse a cabo las acciones necesarias, el impacto afectará en todos aspectos: ambiental, social, económica e incluso políticamente. Es urgente evitar la sobreexplotación del acuífero, crear una mayor conciencia y cultura del agua, así como generar un desarrollo sustentable y el abasto equitativo en la Región, ver cuadro I.1.

Característica	Unidad	Valle de México <sup>2</sup>
Municipios <sup>1</sup>	Número	85
Localidades	Número	2,637
Superficie territorial	km <sup>2</sup>	9,739
Población estimada 2013	Habitantes	21,513,592
Población 2010	Habitantes	20,589,212
Tasa de crecimiento medio anual 2005-2010	%	0.94
Densidad de población 2013	Hab/km <sup>2</sup>	2,209
Densidad de población 2010	Hab/km <sup>2</sup>	2,114
Servicio de agua potable 2010 <sup>3</sup>	%	96.89
Servicio de alcantarillado 2010	%	98.59
Población Económicamente Activa (PEA) 2010	Habitantes	8,921,221
PEA respecto a la población 2010	%	43.33
PEA ocupada 2010	Habitantes	8,480,738
Producto Interno Bruto (PIB) (26.07% del PIB Nacional) <sup>4</sup>	Millones de pesos a precios de 2003	2,084,690
PIB <i>per capita</i>	Pesos a precios de 2003	101,251
<sup>1</sup> Incluye 16 delegaciones políticas de la Ciudad de México. <sup>2</sup> En este libro las cifras fueron redondeadas para fines ilustrativos. <sup>3</sup> Se aplicó con base en la población de viviendas particulares. <sup>4</sup> Dato estimado con base en el PIB por Entidad Federativa 2003-2010, a precios corrientes en valores básicos calculado regionalmente con base en el Valor Agregado Censal Bruto por estado 2009 y 2010.		

**Cuadro I.1.** Características socioeconómicas del Valle de México. Fuente: CONAGUA, 2013.

## Problemáticas

La ZMVM presenta retos inéditos y de diversa magnitud. Sus problemas son muy grandes y de alta complejidad. Sus características físico - geográficas, el tipo de suelo sobre el que se asienta, la magnitud de la población, su dinámica económica, la gestión, la vivienda, la dotación de

---

---

servicios públicos, contaminación, transporte, etc., son algunos de los campos que requieren atención e inversiones importantes así como planes de desarrollo a largo plazo.

## **I.2. Gestión e infraestructura hidráulica en la Ciudad de México**

Para atender la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en la Región Hidrológico Administrativa XIII, se cuenta con el Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (OCAVM) y 48 organismos operadores a nivel municipal y estatal en la Ciudad de México y en los Estados de Hidalgo y México (CONAGUA, 2013).

El Valle de México representa sin duda el mayor reto de la gestión del agua y los servicios hídricos en el país, incluyendo la construcción, operación y mantenimiento de infraestructura hidráulica, esto derivado de la suma de condiciones que no tiene comparación con el resto de las regiones hidrológico administrativas:

- Es la más poblada y con mayor densidad del país, con un 95% de población urbana.
- Es una cuenca endorreica ubicada a 2,240 msnm.
- La demanda supera en más del doble el volumen de agua disponible.
- El porcentaje de aguas residuales tratadas es mínimo, el 6% en la Ciudad de México y aproximadamente el 10% en el resto de la región.
- Los servicios de agua potable y saneamiento son prestados por organismos operadores de estructuras y grados de desarrollo institucional muy diversos; la pluralidad política y de organización complica la coordinación de los participantes que, sin embargo, comparten fuentes de abastecimiento y en algunos casos infraestructura de abasto de agua en bloque.

Ante este panorama las autoridades federal, estatales y municipales han implementado diferentes iniciativas para mejorar el desempeño de la gestión del agua y el aprovisionamiento de infraestructura hidráulica, pero el reto sigue siendo importante.

### **I.2.1. Gestión hidráulica**

La administración del agua en la República Mexicana se encuentra sustentada en el artículo 27 de la Constitución, el cual establece que las aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional son propiedad de la nación; a su vez, del artículo 27 constitucional emana la Ley de Aguas Nacionales y su respectivo Reglamento. El Ejecutivo Federal puede autorizar la

---

---

explotación, el uso o el aprovechamiento a particulares mediante concesiones y a los gobiernos estatales y municipales mediante asignaciones.

En la actualidad la Federación ejerce sus funciones a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que tiene por objeto ejercer las atribuciones que le corresponden a la autoridad en materia hídrica y constituirse como el Órgano Superior con carácter técnico, normativo y consultivo de la Federación, en materia de gestión integrada de los recursos hídricos, incluyendo la administración, regulación, control y protección del dominio público hídrico. En el ejercicio de sus atribuciones, la CONAGUA se encuentra organizada en dos modalidades:

- El nivel nacional.
- El nivel regional hidrológico administrativo, a través de sus Organismos de Cuenca.

Los Organismos de Cuenca, cuentan en el nivel regional, con las mismas facultades que la CONAGUA, en materia de administración de las aguas nacionales y como se desprende del Reglamento Interior de la CONAGUA, estos Organismos tienen una dependencia jerárquica de la Autoridad Nacional del Agua.

Por otra parte, el artículo 13 de la Ley de Aguas Nacionales, contempla y ordena el establecimiento de Consejos de Cuenca, para facilitar la coordinación de las políticas y programas hidráulicos entre los tres niveles de gobierno existentes en México: federal, estatal y municipal y para propiciar la concertación de objetivos, metas, estrategias, políticas, programas, proyectos y acciones, entre la autoridad federal del agua y los usuarios del agua debidamente acreditados y grupos y organizaciones diversas de la sociedad.

En lo que respecta a los gobiernos estatales (incluida la Ciudad de México) y municipales, éstos no tienen competencia en la administración de las aguas nacionales, en tal sentido, contarán solamente con las facultades de un asignatario (concesionario), cuando dispongan de un título de concesión otorgado por la CONAGUA, constituyéndose así en usuarios de las aguas nacionales con derechos y obligaciones estipulados en el capítulo III de la Ley de Aguas Nacionales. Por tanto, hacer las obras que se requieren para aprovechar las aguas nacionales asignadas, no es una facultad o poder de los estados y municipios, sino una obligación establecida por la autoridad de las aguas nacionales, como requisito para poder aprovechar las aguas concesionadas.

Finalmente, el artículo 115 de la Constitución establece la responsabilidad plena de los

---

---

municipios de prestar los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales dentro de su jurisdicción. El municipio podrá operar dichos servicios mediante Organismos Operadores, los cuales en su mayoría son Organismos Públicos Descentralizados, cuyas tareas son:

- Prestar los servicios de agua potable, drenaje y tratamiento en su respectiva jurisdicción.
- Participar, en coordinación con los gobiernos federal y estatal, en la prestación del servicio, de acuerdo a sus atribuciones y responsabilidades.
- Planear y programar la prestación de los servicios.
- Realizar, por sí mismos o a través de terceros, las obras de infraestructura hidráulica, su operación y mantenimiento.
- Adoptar las medidas necesarias para alcanzar su autosuficiencia financiera.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, los municipios y por tanto, sus Organismos Operadores que prestan los servicios, no tienen facultades para realizar actos de autoridad en la administración de las aguas propiedad de la nación; sino que indirectamente son usuarios de agua con los derechos y obligaciones establecidos en la Ley de Aguas Nacionales. Adicionalmente, cabe mencionar que no existe una ley reglamentaria del artículo 115 constitucional, por lo que en su ausencia, casi todos los estados de la república han elaborado su propia Ley Estatal de Agua, para apoyar la gestión local del agua, los gobiernos estatales han creado las Comisiones Estatales de Agua, que procuran respetar la soberanía de los municipios y a la vez observar las leyes federales. Estas comisiones coordinan a los Organismos Operadores municipales, que de otra manera estarían aislados.

#### Organismo Operador de la Ciudad de México

En la Ciudad de México el Organismo Operador de la infraestructura hidráulica y la prestación del servicio público de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales, es el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX), el cual es un Órgano Desconcentrado de la Administración Pública de la Ciudad de México, adscrito a la Secretaría del Medio Ambiente.

El SACMEX entró en funcionamiento a partir del 1 de enero de 2003, como resultado de la fusión de la entonces Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) y la Comisión de Aguas de la Ciudad de México; esto con la finalidad de crear los mecanismos más

---

---

adecuados que permitiesen proporcionar los medios para lograr una eficiente distribución de los servicios hidráulicos en la Ciudad de México, así como la modernización de los sistemas para su operación, evitando así la duplicidad de funciones al momento de ejercer las acciones en esta materia.

Entre las funciones más importantes del SACMEX está 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. Además de operar y conservar los sistemas de aprovechamiento y distribución de agua potable y alcantarillado; supervisar y vigilar su funcionamiento; 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.

Adicionalmente, el SACMEX establece la coordinación con las Instituciones y Organismos precisos para desarrollar acciones conjuntas con los municipios y estados circunvecinos a la Ciudad de México en materia hidráulica, además de planear, instrumentar y coordinar acciones que conduzcan a lograr el uso eficiente del agua en la misma.

#### Política hídrica de la Ciudad de México

El gobierno de la Ciudad de México ha considerado de vital importancia el desarrollo de lineamientos y estrategias que permitan enfocar los esfuerzos hacia el logro de resultados que impacten de manera directa en el manejo de los recursos técnicos, financieros y humanos, siendo el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos (PGIRH), el instrumento rector de la política hídrica en la Ciudad de México, el cual establece los lineamientos para maximizar el desarrollo del sector agua. La política de gestión integral de los recursos hídricos en la Ciudad de México se entiende como el proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, suelo y recursos relacionados, de manera que maximice el bienestar social, económico y ambiental resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas, y se integra por (Ley de Aguas de la Ciudad de México, 2015):

- 
- 
- La definición y establecimiento de las políticas hídricas que permitan el desarrollo sustentable en la Ciudad de México, conforme a lo dispuesto por la Ley de Aguas de la Ciudad de México, la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General para el Desarrollo Forestal, la Ley General de Vida Silvestre, la Ley Ambiental, la Ley de Desarrollo Urbano de la Ciudad de México, el Programa General de Ordenamiento Ecológico de la Ciudad de México, los programas de desarrollo urbano y demás ordenamientos jurídicos aplicables.
  - La base de lineamientos sustentado en indicadores ambientales y de manejo integral de los recursos hídricos para la elaboración, instauración, seguimiento, evaluación y actualización permanente de los procesos de planeación y programación de estos recursos y su infraestructura en todos los niveles de obra.
  - La definición de políticas para la administración y la gestión integral de los recursos hídricos, considerando las disposiciones contenidas en la Ley de Aguas de la Ciudad de México, en materia de planeación, estudio, proyección, mantenimiento, rehabilitación, construcción, operación y ampliación de obras de abastecimiento de agua potable, pluvial, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales y su reúso, destinadas al consumo, uso humano con fines domésticos, urbano, comercial, industrial o de cualquier otro uso en la Ciudad de México.
  - La definición de las políticas para la prestación de los servicios públicos de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y su reúso, este último conforme a los criterios establecidos en la Ley Ambiental.
  - La definición de los lineamientos para el mejor uso de las aguas asignadas a la Ciudad de México por la CONAGUA.
  - Las políticas para el manejo y conservación de la infraestructura hidráulica de la Ciudad de México.
  - Los lineamientos para el establecimiento de un sistema financiero integral para el desarrollo hidráulico de la Ciudad de México.

Es precisamente en este contexto que se definen las estrategias generales del SACMEX (Ley de Aguas de la Ciudad de México, 2015):

- La adopción y aplicación de políticas y normas para la gestión integral de los recursos

---

---

hídricos y bienes inherentes.

- La aplicación de acciones que contribuyan a la correcta construcción, operación, mantenimiento y conservación de la infraestructura hidráulica, a fin de ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia de los sistemas hidráulicos.
- La promoción de la participación ciudadana y el fomento de una cultura del uso racional, conservación y del pago justo y oportuno de los servicios hidráulicos, a fin de mejorar el aprovechamiento del recurso e iniciar el camino hacia la autosuficiencia financiera.

Adicionalmente, el quehacer del SACMEX se encuentra definido en cuatro procesos que incorporan las acciones que se realizan para el logro de las metas, objetivos y la misión de la institución:

- Prestación de servicios hidráulicos.
- Administración de recursos hídricos.
- Construcción y mantenimiento de infraestructura hidráulica.
- Desarrollo institucional.

#### 1.2.2. Infraestructura hidráulica

La infraestructura hidráulica en la Ciudad de México incluye, entre otros elementos:

- Agua potable: pozos, líneas de conducción y distribución, tanques de almacenamiento, plantas de bombeo, plantas potabilizadoras y cloradoras.
- Drenaje pluvial y sanitario: líneas de conducción primarias y secundarias, pasos a desnivel, drenaje profundo, plantas de bombeo, pozos de absorción, tanques de tormenta, accesorios pluviales, presas, lagunas, barrancas y cauces a cielo abierto y entubados.
- Tratamiento y reúso: plantas de tratamiento, líneas de conducción y distribución, tanques de almacenamiento, plantas de bombeo y accesorios hidráulicos.

#### Agua Potable

El sistema de abastecimiento de agua potable consta de (SACMEX, octubre 2012): 567 km de acueductos, 1,273 km de red primaria, 11,971 km de red secundaria, 357 tanques de almacenamiento, 268 plantas de bombeo, 49 plantas potabilizadoras, 976 pozos y 69 manantiales.

---

---

Las fuentes de abastecimiento de agua potable para la Ciudad de México son entendidas como el conjunto formado por las áreas de captación y la infraestructura necesaria para conducir el agua hasta la ciudad. Las áreas de captación se ubican en tres cuencas hidrológicas: la cuenca del Valle de México, la cuenca del Río Cutzamala y la cuenca Alto Lerma.

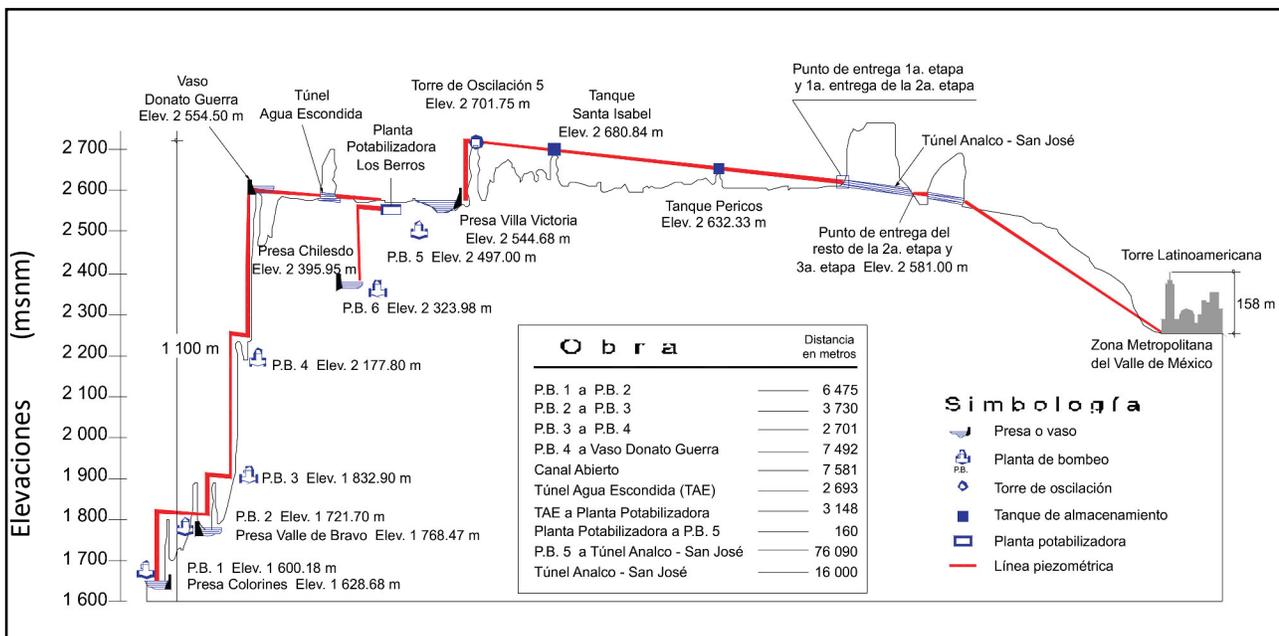
El Sistema Lerma fue la primera fuente externa de agua para la Ciudad de México, pero conforme presentó fuertes impactos por la explotación intensiva, fue parcialmente sustituido por el Sistema Cutzamala. El Sistema Lerma inició su operación en el año de 1951 y en la actualidad beneficia a municipios del Valle de Toluca y de la Ciudad de México. El Sistema es operado por el gobierno de la Ciudad de México y consiste en la extracción de agua subterránea del acuífero del río Lerma, la cual es conducida hacia la Ciudad de México a través del túnel Atarasquillo - Dos Ríos. Actualmente el Sistema Lerma abarca 250 pozos activos conectados a los acueductos; además, el SACMEX opera varios pozos de riego y abastecimiento local de agua potable, sumando un total de 398 pozos a cargo de este organismo distribuidos en los acuíferos Valle de Toluca (70% de la extracción) e Ixtlahuaca – Atlacomulco (30%). El sistema se divide en la parte norte y sur, los dos acueductos se unen en la entrada del túnel Atarasquillo – Dos Ríos el cual tiene una longitud de 14 km, un diámetro de 3.20 m y una capacidad de 15 m<sup>3</sup>/s, el cual atraviesa la Sierra de las Cruces hacia el Valle de México. Los pozos actualmente conectados al sistema cuentan al menos con una capacidad de 10.60 m<sup>3</sup>/s, por tanto, la limitante para incrementar el abastecimiento no está dada por la capacidad de la infraestructura, si no por el balance de los acuíferos. En la figura I.6 se observa el caudal suministrado por el Sistema Lerma a la Ciudad de México (CONAGUA, 2013).

El Sistema Cutzamala aprovecha el agua de la cuenca alta del río del mismo nombre, este sistema ha sido diseñado, construido y operado por el gobierno federal y ha sido puesto en operación en tres etapas (1982, 1985 y 1993). El sistema está integrado por siete presas (tres de almacenamiento y cuatro derivadoras), seis macroplantas de bombeo que en conjunto vencen un desnivel de más de 1,100 m, un acueducto de 205.7 km con tubería de acero y concreto con diámetros entre 1.07 y 3.50 m, 43.99 km de túnel, 72.55 km de canal abierto, y la planta potabilizadora Los Berros que consta de 5 módulos de 4,000 l/s cada uno (Escolero Fuentes Oscar A., 2009). Actualmente, el sistema beneficia a la ciudad de Toluca y a 24 delegaciones y municipios de la ZMVM, en el año 2012 el caudal promedio suministrado por el

Sistema Cutzamala fue de 14.41 m<sup>3</sup>/s, del cual 8.62 m<sup>3</sup>/s se entregaron a la Ciudad de México y 5.79 m<sup>3</sup>/s al Estado de México (CONAGUA, 2013), en la figura I.7 se muestra el perfil del sistema. Cabe mencionar que actualmente se encuentra en la etapa de construcción una tercer línea de conducción del sistema, la cual permitirá mantener el caudal durante los trabajos de mantenimiento de las líneas de conducción existentes; tal línea será de tubería de acero y contará con una longitud de 72 km y un diámetro de 2.50 m, requiriendo una inversión aproximada de 4,830 millones de pesos a precios de 2014 (CONAGUA, 2016).

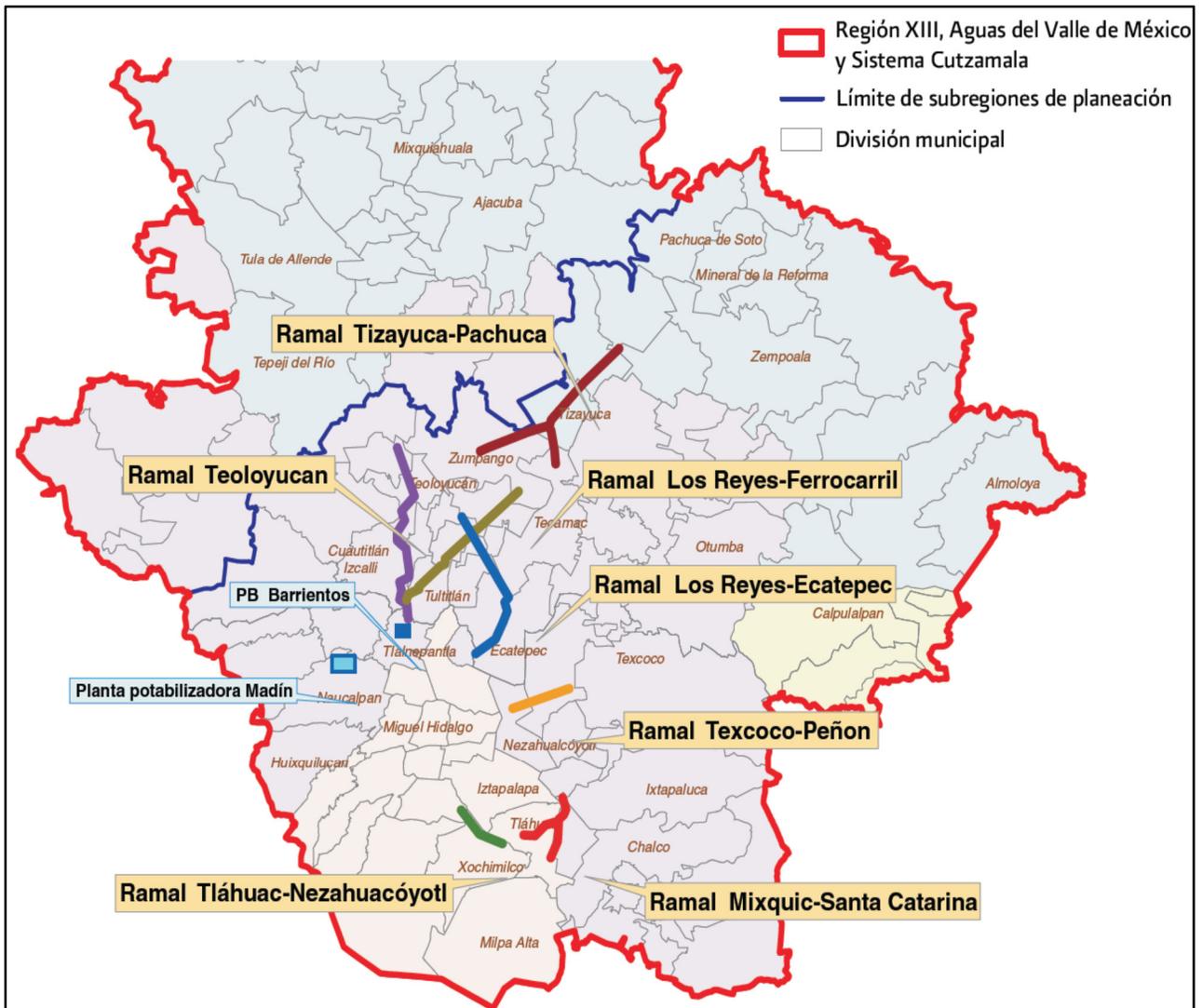


**Figura I.6.** Caudal suministrado por el Sistema Lerma a la Ciudad de México (2006 – 2012). Fuente: CONAGUA, 2013.



**Figura I.7.** Perfil del Sistema Cutzamala. Fuente: CONAGUA, 2013.

Por su parte, el Sistema de Pozos Plan de Acción Inmediata (PAI), inició su operación en 1974 con el Sistema de Pozos del Sur. Actualmente, este sistema está integrado por siete baterías de pozos, que en conjunto suman un total de 219, ubicados en la Ciudad de México, Estado de México e Hidalgo; ocho acueductos con una longitud superior a los 200 kilómetros, seis plantas de rebombeo, la presa y la planta potabilizadora Madín, localizadas en el municipio de Naucalpan, Estado de México. Actualmente, el PAI es operado por el OCAVM, entregando agua a 28 delegaciones y municipios de la Ciudad de México, Hidalgo y Estado de México. En 2012 el caudal suministrado por el PAI fue de 7.28 m<sup>3</sup>/s, del cual 94% proviene de fuentes subterráneas, mientras que el otro 6% es suministrado por la planta potabilizadora Madín. En la figura I.8 se muestra un croquis del PAI.



**Figura I.8.** Sistema de Pozos Plan de Acción Inmediata. Fuente: CONAGUA, 2013.

---

---

Es importante mencionar que para detener el grave problema de la sobreexplotación del acuífero del Valle de México, la CONAGUA desarrolla los proyectos de tres fuentes sustentables de abastecimiento de agua (CONAGUA, 2016): los sistemas Necaxa – Alto Tecolutla, Tula - Mezquital y el Proyecto Temascaltepec (Acueducto del Poniente).

Con el proyecto Sistema Necaxa – Alto Tecolutla se espera conducir hasta 12.00 m<sup>3</sup>/s de la subcuenca del río Tecolutla al Valle de México, aprovechando para ello la infraestructura existente, como las presas Necaxa, Tenango, Nexapa, La Laguna y Los Reyes que conforman el Sistema Hidroeléctrico Necaxa. Además, se construiría un acueducto de 131 km, 8 plantas de bombeo y una planta potabilizadora.

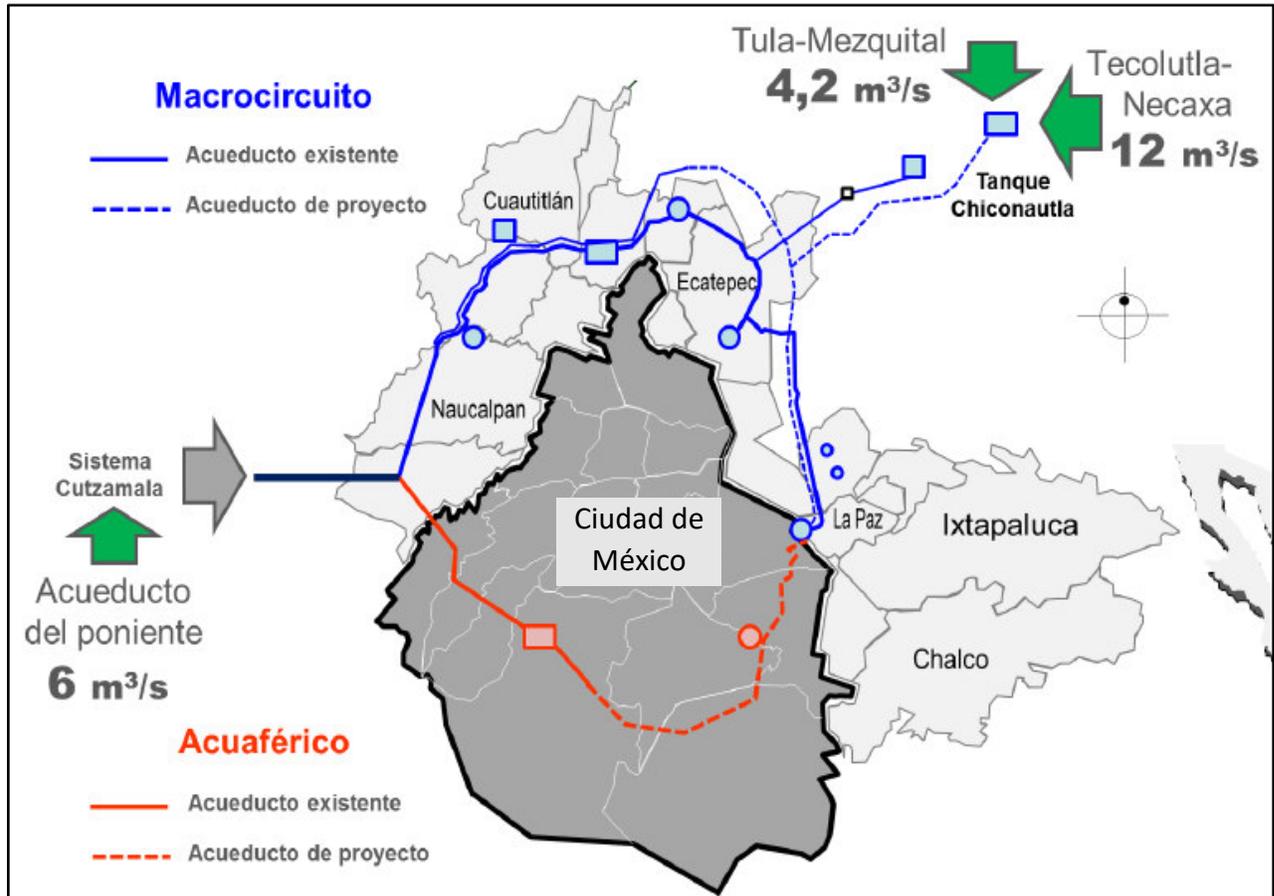
En el proyecto Sistema Tula – Mezquital, se prevé un caudal total de extracción de 6.40 m<sup>3</sup>/s del cual 4.20 m<sup>3</sup>/s se conducirán al Valle de México, los elementos principales de este sistema, que a nivel preliminar se conciben, son 12 baterías de pozos de extracción con 200 km de interconexiones, una planta potabilizadora, tres plantas de bombeo y un acueducto de 80 km y 1.83 m de diámetro. Además, incluye una derivación para entregar agua al corredor Tizayuca – Pachuca, con lo que no sólo se beneficiará al Valle de México, sino también a la población de Pachuca, Hidalgo, y su zona industrial.

La tercera fuente de abastecimiento que se propone es el Proyecto Temascaltepec (Acueducto del Poniente), que representa la cuarta etapa del Sistema Cutzamala y, por tanto, el aprovechamiento de esa infraestructura para incrementar la entrega en 5 m<sup>3</sup>/s al Valle de México y 1 m<sup>3</sup>/s a Toluca. En este caso, sólo se tendría que construir una presa, un acueducto de 27 km y 3 plantas de bombeo. La figura I.9 muestra el croquis de localización de las nuevas fuentes de agua potable para la Ciudad de México.

La infraestructura hidráulica de la Ciudad de México fue desarrollada a lo largo del siglo XX, en distintas etapas, con diferentes metas y con materiales de todo tipo, por lo que en la actualidad muchos elementos de la infraestructura de agua potable muestran signos de haber completado su vida útil, o bien, son obsoletos ante nuevas tecnologías más eficientes y económicas; otros están rebasados en su capacidad de conducción y observan sedimentación, rompimiento o fisuras. Lo anterior incide directamente en las fugas de la red.

Conservar la infraestructura hidráulica en condiciones adecuadas de operación requiere dar mantenimiento a la obra civil, realizar sustitución de instalaciones y rehabilitar los sistemas.

Para solucionar las fugas detectadas, el SACMEX realiza año con año más de 26 mil reparaciones en tuberías de agua potable, incluyendo tomas y red secundaria. Respecto de los elementos de infraestructura, se han realizado sustituciones y rehabilitaciones de algunos de ellos, lo que permite mejorar el servicio en algunas zonas y reducir las pérdidas ocasionadas por fallas de la red.



**Figura I.9.** Nuevas fuentes de agua potable para la Ciudad de México. Fuente: CONAGUA, 2016.

A pesar de las dificultades inherentes al subsuelo, la reducción de las captaciones de las fuentes de abastecimiento y la edad de las redes de distribución, la cobertura de agua potable es del 98% y más del 70% de las colonias tiene agua todos los días. No obstante, persisten diferencias en la dotación y consumo entre distintas zonas de la ciudad (principalmente por una mala distribución y falta de infraestructura), y el sistema enfrenta retos importantes, relacionados con la población flotante, antigüedad de la infraestructura, disminución de los volúmenes disponibles en las fuentes de abastecimiento, hundimientos y riesgos hidrometeorológicos crecientes.

---

---

## Drenaje pluvial y sanitario

El sistema de drenaje ha sufrido modificaciones importantes en su infraestructura, principalmente en capacidad y funcionamiento, debido a las condiciones de operación, asentamientos irregulares y otros aspectos relacionados con la falta de conciencia ciudadana en el cuidado de la infraestructura básica; estas nuevas condiciones se traducen en una mayor dificultad para el control, regulación y desalojo de aguas residuales y pluviales de la ciudad, por lo que se elevan los coeficientes de escurrimiento y disminuye la capacidad de regulación en presas y lagunas, lo que incrementa el riesgo de desastre en algunas zonas y provoca mayor contaminación del medio ambiente.

Los encharcamientos e inundaciones en muchas zonas de la ciudad se deben, entre otras razones, a hundimientos, obstrucciones y avenidas que sobrepasan la capacidad de diseño. Gran parte del sistema de drenaje depende de la capacidad instalada en las plantas de bombeo, una dependencia que se acentúa en la temporada de lluvias.

A las descargas de la Ciudad de México se incorporan otras de algunos municipios del Estado de México, por lo cual es necesario revisar las condiciones estructurales y de funcionamiento hidráulico de las salidas principales; el sistema de drenaje profundo funcionó sin interrupción por más de 15 años, lo que imposibilitó su adecuado mantenimiento; al respecto se construyeron obras alternas para dar mantenimiento a las ya existentes, con el fin de que todos los componentes del sistema de drenaje (conducción, regulación y desalojo) trabajen en condiciones óptimas. En el cuadro I.2 se muestra un resumen de la infraestructura de drenaje en operación en la Ciudad de México; a su vez, en el cuadro I.3 se muestra el resumen de drenaje profundo.

Es necesario reforzar las salidas superficiales y construir algunas captaciones al sistema de drenaje profundo para garantizar la seguridad de la población en lo que se refiere al desalojo de agua residual y pluvial, debido a la posible ocurrencia de lluvias extraordinarias; además, se requiere incorporar al sistema algunas zonas, lo que implica una fuerte inversión en obras de ampliación y obras complementarias.

La CONAGUA considera cuatro proyectos estratégicos para el Valle de México con la finalidad de reforzar su infraestructura de drenaje, mismos que se encuentran incluidos en el Programa Nacional de Infraestructura 2014 – 2018 (CONAGUA, 2016):

- Túnel Emisor Oriente (en construcción)
- Túnel Emisor Poniente II (en construcción)
- Túnel Canal General (en construcción)
- Túnel Río de la Compañía II (en estudio)

Red primaria <sup>1</sup>	2,087 km
Red secundaria <sup>2</sup>	10,257 km
Colectores marginales	144 km
Plantas de bombeo urbanas	87
Capacidad instalada de plantas de bombeo	670 m <sup>3</sup> /s
Presas de almacenamiento del sistema general de desagüe	20
Capacidad de almacenamiento de presas	3.32 hm <sup>3</sup>
Cauces a cielo abierto <sup>3</sup>	133.3 m <sup>3</sup> /s
Cauces entubados <sup>4</sup>	49.3 km
Lagunas y lagos de regulación <sup>5</sup>	13
Capacidad de almacenamiento de lagunas y lagos	12.08 hm <sup>3</sup>
Longitud total del drenaje profundo	166 km
Estaciones pluviográficas en tiempo real	78

<sup>1</sup> Se considera como red primaria aquella cuyo diámetro es superior o igual a los 0.60 m.

<sup>2</sup> Se considera como red secundaria aquella cuyo diámetro es menor a los 0.60 m.

<sup>3</sup> Gran Canal de Desagüe, Río de los Remedios, Tlalnepantla, San Buenaventura, San Javier y Cuauhtemoc, y Canal Nacional y Canal de Chalco.

<sup>4</sup> Churubusco, La Piedad, Consulado y Gran Canal.

<sup>5</sup> Operados por la CONAGUA: Vaso de Cristo, Vaso Carretes, Vaso Fresnos, Lago Churubusco, Laguna de Regulación Horaria; operados por el SACMEX: Cuauhtemoc, El Salado, Laguna Mayor, Laguna Menor, San Lorenzo, La Quebrada, Ciénega Chica y Ciénega Grande.

**Cuadro I.2.** Resumen de la infraestructura de drenaje en operación en la Ciudad de México.  
Fuente: CONAGUA, 2013.

Nombre del túnel	Diámetro ( m )	Capacidad de conducción ( m <sup>3</sup> /s )	Profundidad promedio ( m )	Longitud proyecto ( km )	Longitud operación ( km )	Periodo de construcción	No. de luminarias
Emisor Central	6.5	220	40 - 220	50.00	50.00	1967 - 1975	23
Interceptores							
Central	5	90	22 - 41	22.28	16.10	1967 - 1975	15
Oriente	5	85	20 - 50	28.00	28.00	1967 - 1975 1987 - 1990	22
Oriente - Sur	5	80	20 - 25	13.80	13.80	1990 - 1997	9
Centro - Poniente	4	40	22 - 51	16.00	16.00	1975 - 1982	9
Poniente	4	25	12 - 35	16.20	16.20	1960	27
Centro - Centro	5	90	26	3.70	3.70	1986 - 1988	4
Oriente - Oriente	5	90	20	7.30	3.40	1997	6
Iztapalapa	3.1	20	10 - 16	5.50	5.50	1994	6
Canal Nacional - Canal de Chalco	3.1 - 3.2	20	10 - 18	16.30	11.64	1987	10
Obrero Mundial	3.2	20	16	0.80	0.80	1987	3
Gran Canal	3.1	90	---	1.01	1.00	---	---
Indios Verdes	3.1	---	15 - 28	2.76	---	---	---
Ermita	3.1	---	12 - 16	6.58	---	---	---
Cuauhtemoc	3.1	---	---	1.82	---	---	---

**Cuadro I.3.** Sistema de drenaje profundo de la Ciudad de México. Fuente: CONAGUA, 2013.

El Túnel Emisor Oriente (TEO) reforzará el sistema principal de drenaje de la ZMVM, al contar con una capacidad para conducir hasta 150 m<sup>3</sup>/s, suficiente para el desalojo de las aguas residuales y pluviales, lo que dará sustentabilidad hídrica a la ZMVM al disminuir el riesgo de inundaciones. Para esta obra se estima una inversión total de 39,034 millones de pesos (a precios de 2015). El proyecto inicia en la confluencia del Gran Canal con el Río de los Remedios (límite de la Ciudad de México con el Estado de México) y termina en el municipio de Atotonilco, Estado de Hidalgo, en la cercanía de la salida del Emisor Central. En la figura I.10 se muestran algunas características técnicas de este proyecto.

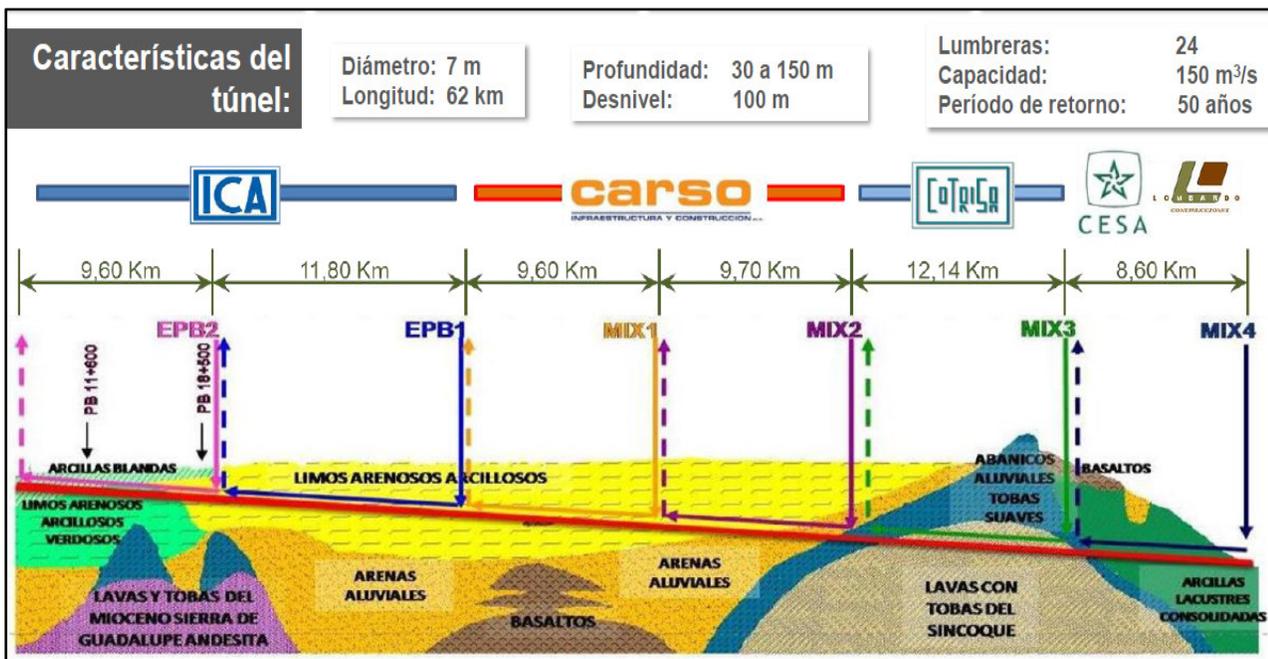
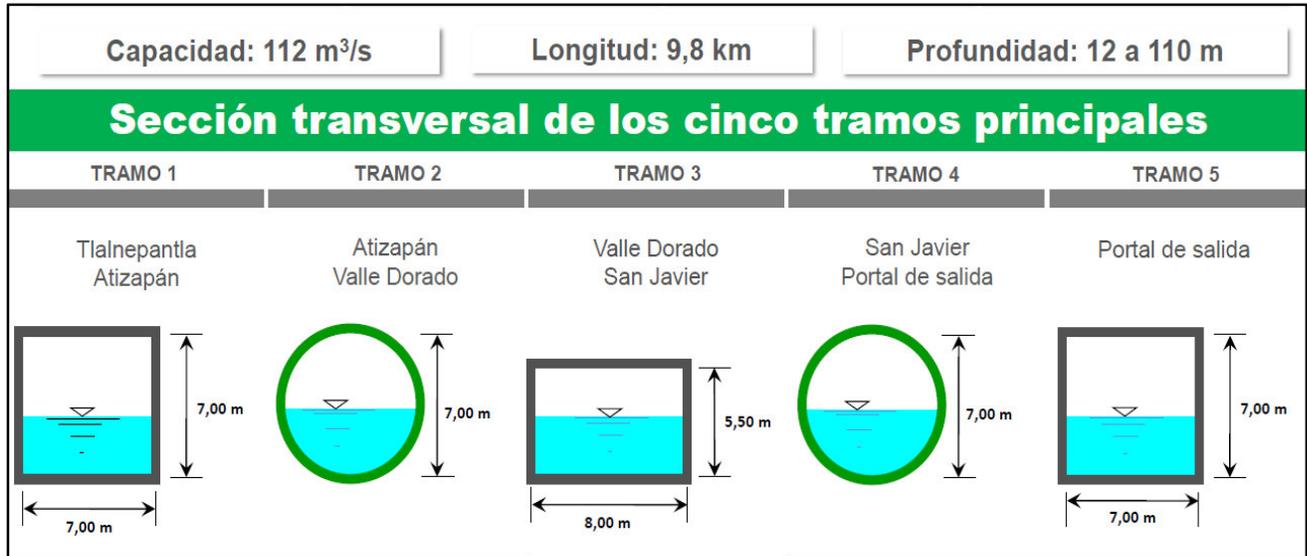


Figura I.10. Datos técnicos del Túnel Emisor Oriente (TEO). Fuente: CONAGUA, 2016.

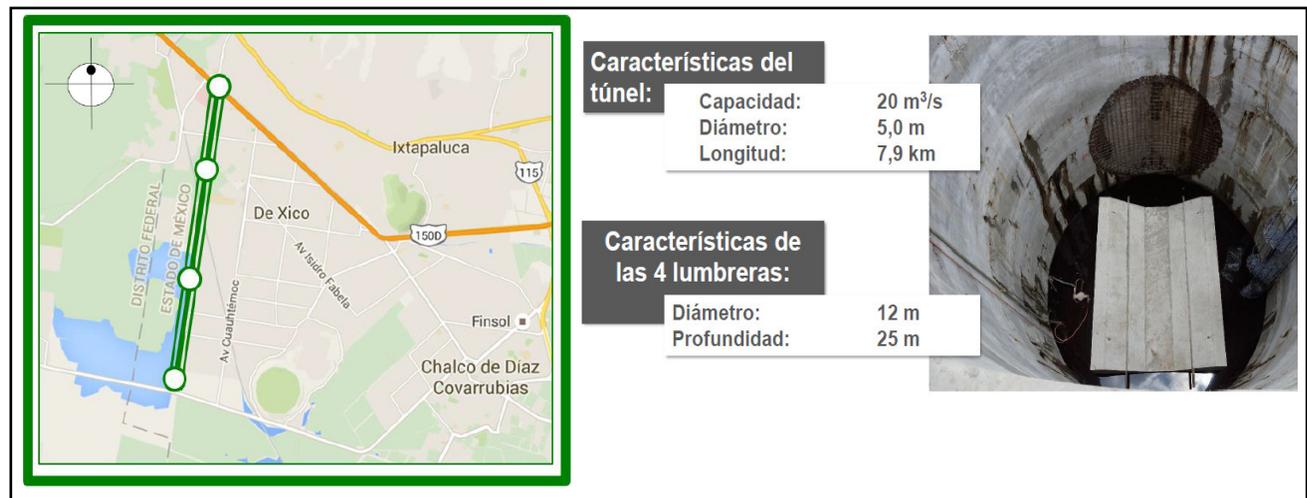
El Túnel Emisor Poniente II (TEP II) fue proyectado para reforzar al actual Emisor Poniente y garantizar con ello, el desalojo eficiente de las aguas pluviales y residuales de la zona Norponiente de la ZMVM (municipios de Naucalpan, Tlalnepantla, Atizapán y Cuautitlán Izcalli, en el Estado de México). El proyecto aprovecha el cauce a cielo abierto del Emisor Poniente actual, recibiendo sin bombeo el agua del nuevo TEP II. Para este proyecto se estima una inversión total de 2,228 millones de pesos (a precios de 2014). En la figura I.11 se muestran algunas características técnicas del proyecto.

Túnel Canal General, el actual Canal General ha reducido su capacidad de conducción por hundimientos del terreno, es así que con la construcción del Túnel Canal General se reforzará la protección contra inundaciones, ya que desalojará las aguas pluviales y residuales de la zona,

funcionando íntegramente con el Túnel Río de la Compañía y la planta de bombeo La Caldera. El túnel inicia en el cruce con la carretera Tláhuac – Chalco y termina en la lumbrera 3ª del Túnel Río de la Compañía. Para este proyecto se estima una inversión total de 1,381 millones de pesos (a precios de 2014). En la figura I.12 se muestran algunas características técnicas del proyecto.



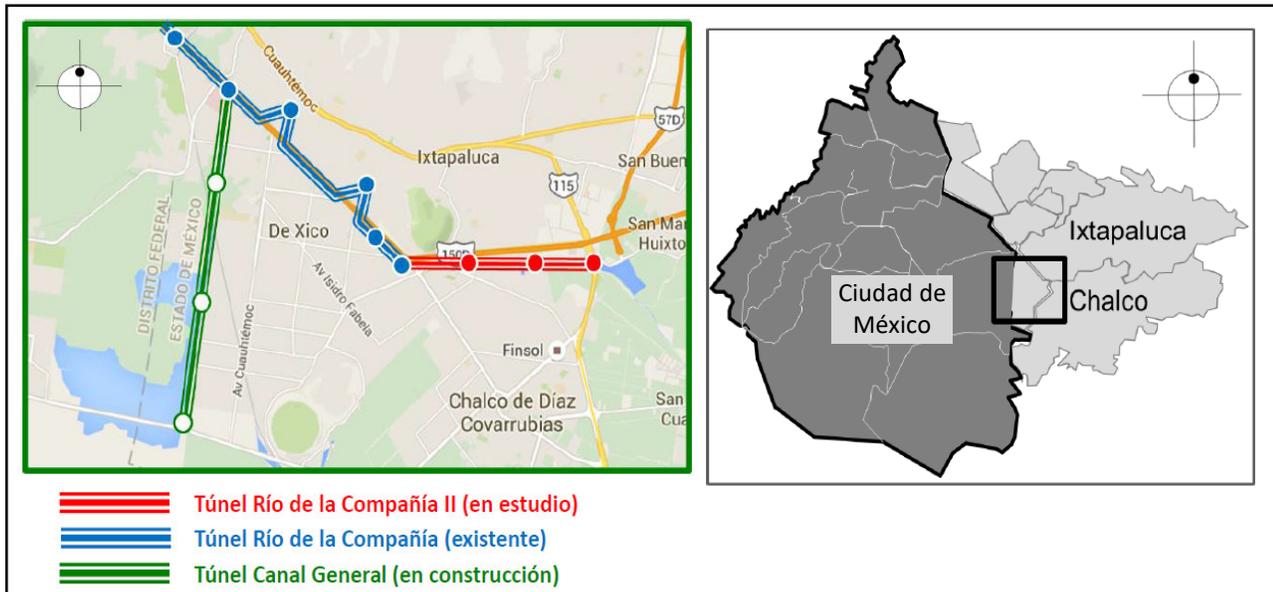
**Figura I.11.** Datos técnicos del Túnel Emisor Poniente II (TEP II). Fuente: CONAGUA, 2016.



**Figura I.12.** Datos técnicos del Túnel Canal General. Fuente: CONAGUA, 2016.

En lo que respecta al Túnel Río de la Compañía II, el monitoreo permanente del canal Río de la Compañía, en el tramo que aún funciona como canal abierto, hace suponer que podrían generarse condiciones de riesgo semejantes a las que obligaron a la construcción del túnel y del ducto cerrado para el estiaje en su primera etapa. Este proyecto se encuentra en etapa de estudio, definiéndose preliminarmente una longitud de 7.90 km y 5.0 m de diámetro para

obtener una capacidad de conducción de 20.00 m<sup>3</sup>/s. En la figura I.13 se muestra su ubicación.



**Figura I.13.** Ubicación del Túnel Río de la Compañía II. Fuente: CONAGUA, 2016.

#### Tratamiento y reúso

La Ciudad de México cuenta con 25 plantas de tratamiento de agua residual municipal, de las cuales 22 son operadas por el SACMEX, dos se encuentran concesionadas y una fuera de servicio. El caudal de diseño total de las 25 plantas es de 6,617 litros por segundo (lps); sin embargo, el caudal de operación es de 3,528 lps (SACMEX, octubre 2012). El cuadro I.4 muestra la capacidad actual de tratamiento de aguas residuales de las plantas dentro del sistema.

Por otra parte, la Ciudad de México cuenta con un total de 163 plantas de tratamiento de aguas residuales industriales, de las cuales una se encuentra fuera de servicio; teniéndose una capacidad instalada de 587 lps y un caudal tratado de 499 lps.

La cuenca del Valle de México presenta uno de los índices de tratamiento de aguas residuales más bajos del país (6%), lo que genera contaminación y un grave desequilibrio hídrico de la cuenca. Por lo anterior, en el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México (PSHCVM), formalizado en 2007 por el gobierno federal, para construir diversas obras que aseguraran el abasto, distribución y saneamiento del agua en la región, se incluyó el proyecto de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Atotonilco. Actualmente la construcción de esta planta ha concluido y se encuentra en proceso de pruebas y estabilización. Dicha planta será la encargada de sanear las aguas residuales y de lluvia descargadas por el

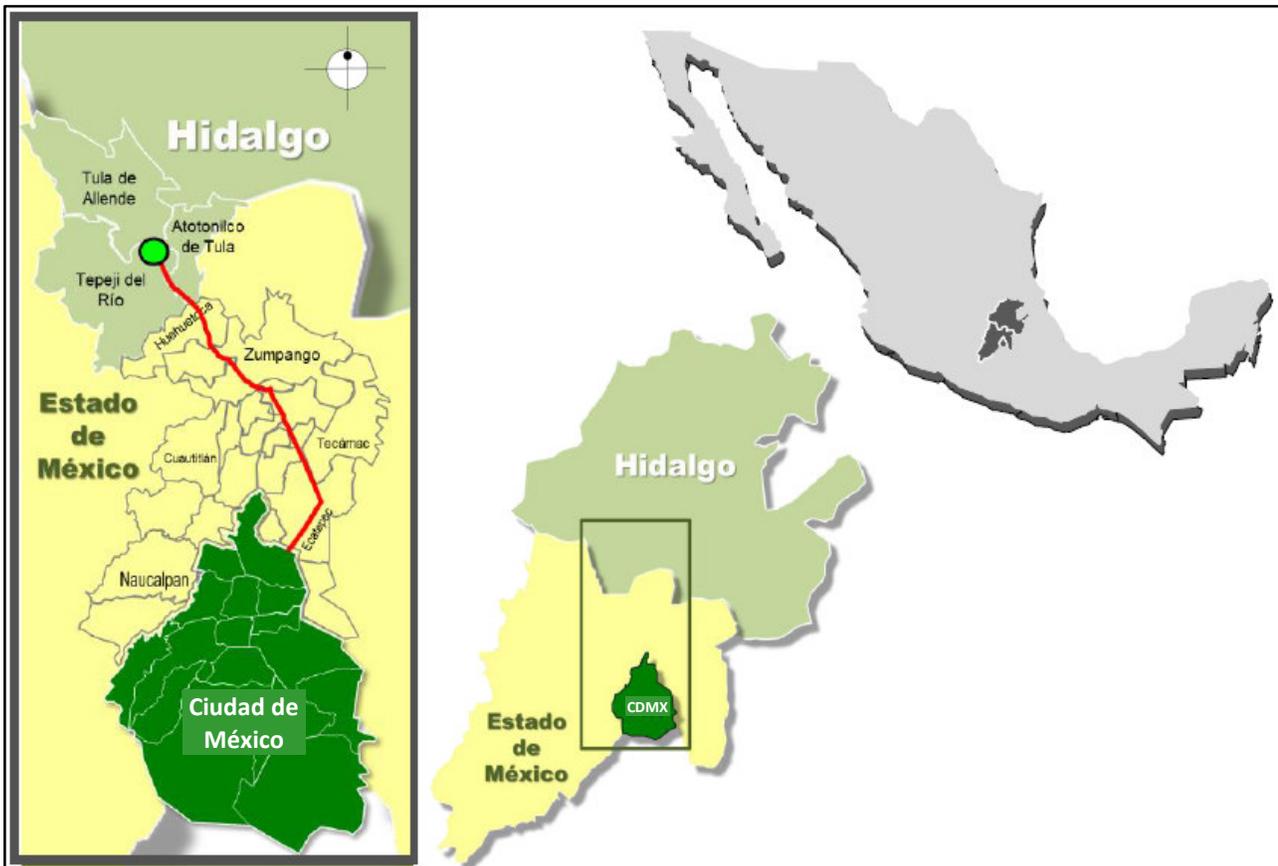
Túnel Emisor Central (en operación) y el TEO (en construcción), reportando los siguientes beneficios:

- Tratamiento de más del 60% de las aguas residuales generadas en el Valle de México.
- El riego con aguas residuales tratadas de más de 80,000 ha en el Valle de Tula, incrementando su potencial agrícola.
- Saneamiento de los cuerpos y cauces superficiales que reciben aguas residuales.
- Mejoramiento de las condiciones sanitarias de más de 300,000 personas que viven en las zonas de riego.

PTAR	Caudal de diseño ( lps )	Caudal en operación ( lps )
Abasolo	15.00	7.00
Acueducto de Guadalupe	80.00	100.00
Bosques de las Lomas	55.00	18.00
Cd. Deportiva	230.00	150.00
Cerro de la Estrella	4,000.00	2,200.00
Chapultepec	160.00	80.00
Coyoacán	400.00	200.00
El Llano	250.00	80.00
El Rosario	25.00	15.00
Iztacalco	13.00	5.00
La Lupita	15.00	14.00
Parres	7.00	7.00
PEMEX - Picacho	26.00	10.00
Reclusorio Sur	30.00	18.00
San Andrés Mixquic	30.00	25.00
San Pedro Atocpan	60.00	30.00
San Juan de Aragón	500.00	250.00
San Luis Tlaxialtemalco	150.00	65.00
San Lorenzo Tezonco	225.00	75.00
San Nicolás Tetelco	15.00	10.00
Santa Fe	280.00	140.00
Santa Martha Acatitla	14.00	14.00
Rastro Milpa Alta	7.00	F.O.
Tlatelolco	22.00	11.00
Xicalco	7.50	4.00
<b>TOTAL:</b>	<b>6,616.50</b>	<b>3,528.00</b>

**Cuadro I.4.** Capacidad de tratamiento de la Ciudad de México por planta de tratamiento de aguas residuales. Fuente: SACMEX, octubre 2012.

La PTAR Atotonilco se encuentra ubicada en el municipio de Atotonilco de Tula, en el Estado de Hidalgo, tiene una capacidad promedio de tratamiento de 23 m<sup>3</sup>/s y una capacidad adicional de 12 m<sup>3</sup>/s para temporada de lluvias; su construcción requirió una inversión total aproximada de 9,564 millones de pesos. En la figura I.14 se muestra su ubicación.



**Figura 1.14.** Ubicación de la PTAR Atotonilco. Fuente: CONAGUA, 2016.

### **1.3. Problemática y directrices en el manejo del agua potable en la Ciudad de México**

Los sistemas hidráulicos de las áreas urbanas constituidos fundamentalmente por las redes de agua potable, alcantarillado, pluvial y en algunos casos de agua residual tratada son muy dinámicos en su desarrollo, por lo cual resulta difícil tener un registro exacto de sus diversos componentes, así es como la ZMVM no es la excepción.

Las grandes problemáticas a las que se enfrenta el manejo y distribución del agua potable en esta zona son causadas debido a que este manejo no es eficiente, ni sustentable, ni equitativo ya que gran parte de este recurso proviene de fuentes que se están agotando por su sobreexplotación (ríos, lagos y mantos acuíferos) además de perder cerca del 30% de este valioso líquido debido a las fugas en la red de distribución ocasionadas por la ruptura o dislocamiento de las tuberías, causados por los hundimientos diferenciales y regionales sufridos por el terreno y en los hogares mismos.

Traer agua a la Ciudad de México implica un mayor esfuerzo cada día ya que se importa de una distancia de hasta 400 km y se requiere de una gran inversión para su potabilización y

---

---

distribución. Para dotar de agua a nuestra ciudad que se encuentra a más de 2,200 msnm es realmente difícil; hay que destacar que otras ciudades como Tokio y Nueva York se encuentran a nivel del mar y Sao Paulo a 860 msnm siendo ésta problemática menor, en nuestro caso la extracción del acuífero ha permitido resolver en parte este problema; sin embargo, esta extracción supera por mucho a la recarga y se prevé que dentro de 30 a 40 años alcanzaremos una situación crítica por lo cual es de suma importancia buscar nuevas fuentes de abastecimiento.

Añadimos también el hecho de que la calidad del agua extraída de los mantos acuíferos es mala por lo que se requiere de altos costos e inversiones para lograr su potabilización.

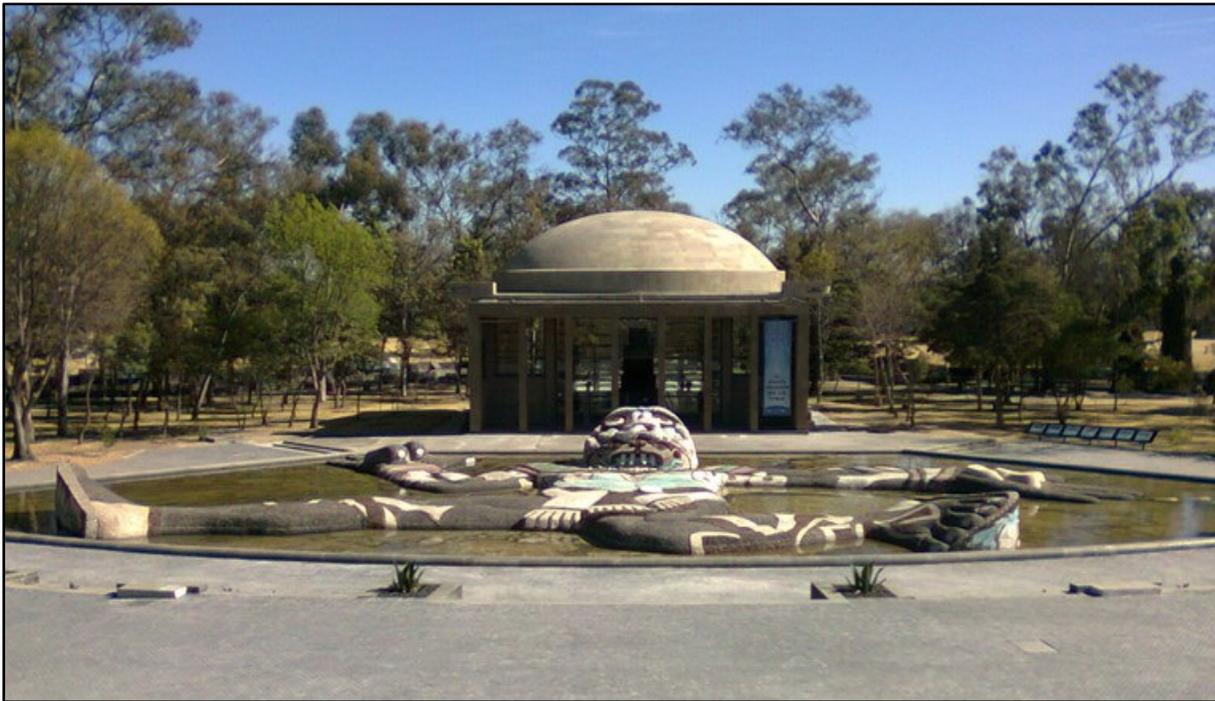
A este hecho le podemos sumar también que con el pago de las tarifas actuales sólo se cubre un 50% de los costos que implica tener operando todo el sistema y el resto es subsidiado por el gobierno lo que tiene como consecuencia tener pocos recursos para el mejoramiento, rehabilitación y/o ampliación del mismo.

#### Fuentes actuales de abastecimiento

Sistema Lerma. En el pasado ante la necesidad permanente de contar con nuevas fuentes de abastecimiento y reducir el impacto por la extracción del agua del subsuelo que ocasiona hundimientos diferenciales se decidió comenzar la construcción de un sistema que permitiera llevar más agua a la Ciudad de México; esta vez fuera de las cuencas del propio valle al provenir de los manantiales de la Laguna del Lerma en el Valle de Toluca, figura I.15. La obra fue inaugurada en 1952 y por primera vez se trajeron 4 m<sup>3</sup>/s de una cuenca circunvecina. Actualmente el sistema aporta el 8% del agua en bloque que llega a la Ciudad de México con 4.14 m<sup>3</sup>/s.

Sistema Cutzamala. Para incrementar el abastecimiento de agua potable se inició en 1976 la construcción del Sistema Cutzamala; derivado del agotamiento de los recursos hídricos de la cuenca del Lerma y del constante hundimiento de la ciudad por la sobreexplotación del acuífero, ver figura I.16.

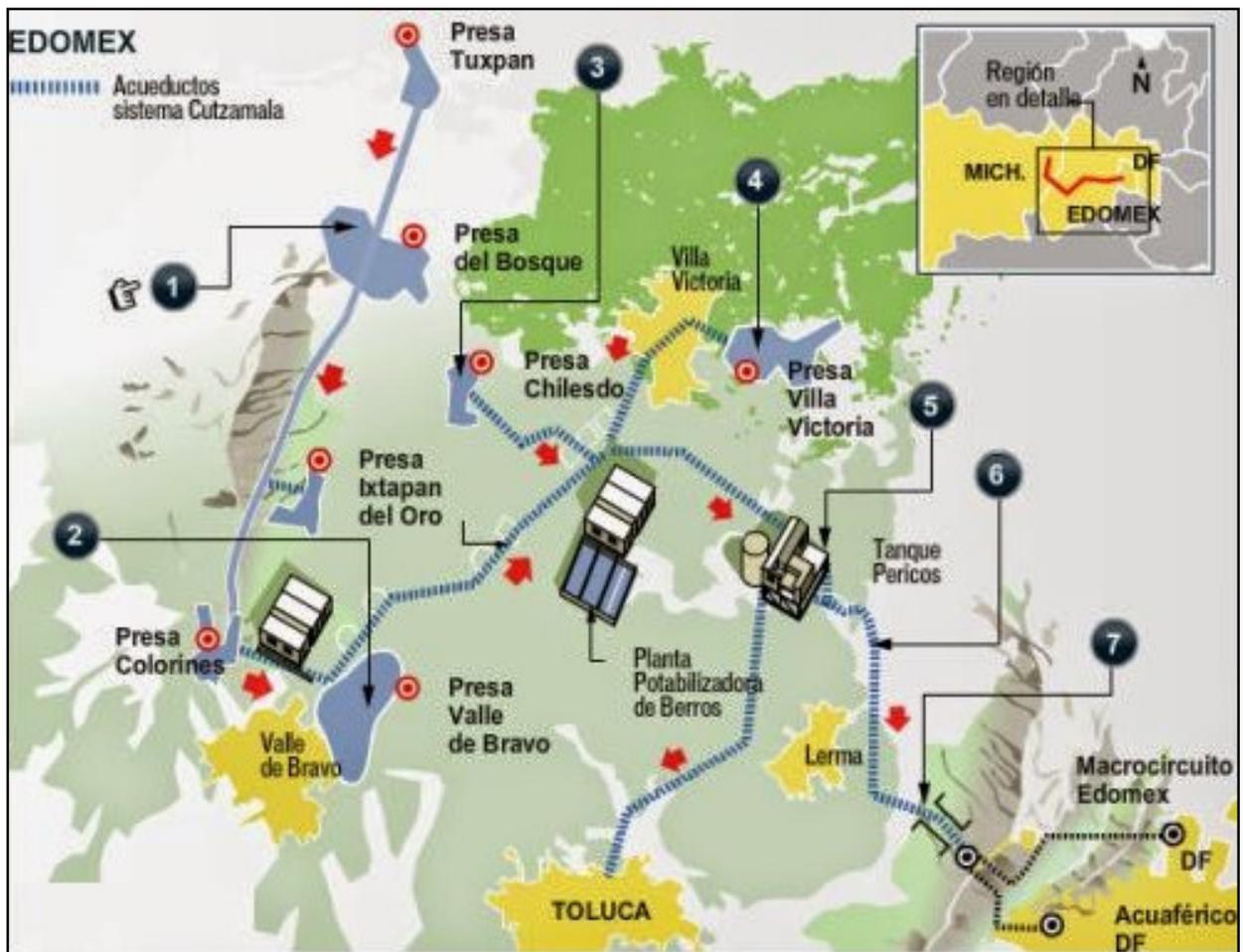
Para esto se logró un bombeo del líquido desde una altura de 1,600 msnm en su punto más bajo, hasta los 2,702 msnm en su punto más alto en un trayecto de aproximadamente 127 km. Este sistema aporta 14.41 m<sup>3</sup>/s que representa el 24% del agua en bloque que entra al Valle de México, ver figura I.17.



**Figura I.15.** Cárcamo Dolores Sistema Lerma. Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1rcamo\\_de\\_Dolores](https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1rcamo_de_Dolores). [Consulta: 19 julio 2016].



**Figura I.16.** Hundimientos por sobreexplotación de acuíferos. Fuente: Robledo, 2011.



**Figura 1.17.** Sistema Cutzamala. Fuente: <http://4bdssofiabusquets.blogspot.mx/2015/03/sistema-cutzamala-es-un-sistema-hidrico.html>. [Consulta: 20 julio 2016].

### Acuífero en la ZMVM

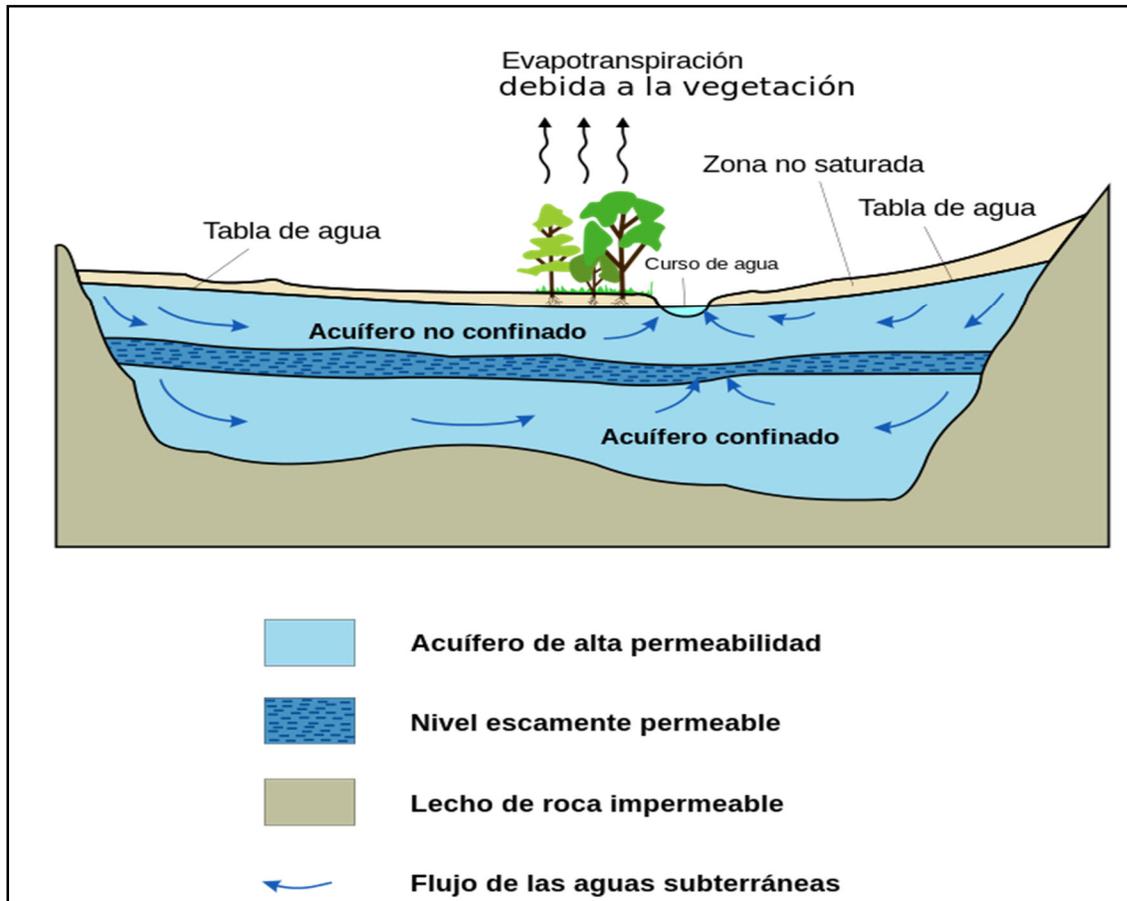
Como se mencionó anteriormente es gracias a los acuíferos que se puede afrontar el gran reto de dotar a la ZMVM de agua ya que estos aportan el  $41.9 \text{ m}^3/\text{s}$  los cuales representan el 66% de agua en bloque que ingresa a esta zona.

En realidad no se trata de un sólo cuerpo de agua sino que es un sistema acuífero. Es decir, en el subsuelo de esta zona existen varios acuíferos que se encuentran a distintas profundidades.

A la unidad más superficial que contiene el agua se le llama acuitardo superior y está formado por arcillas con baja conductividad hidráulica, o capacidad para conducir agua. Un acuitardo es capaz de almacenar agua pero no de conducirla horizontalmente y dependiendo de las condiciones, puede ceder o absorber agua en forma vertical.

En el caso del Valle de México, el acuitardo superior almacena agua y en la actualidad la cede al acuífero que está debajo, llamado acuífero superior; el cual está conformado por material

aluvial como arenas, gravas y material volcánico; este es muy importante, porque de ahí se extrae el agua que utilizamos en la ciudad, en la figura I.18 se muestra un esquema general de la configuración de un acuífero.



**Figura I.18.** Configuración general de un acuífero. Fuente: <http://Richardpgeologo.blogspot.com>. [Consulta: 20 julio 2016].

La mayor parte de la recarga de estos acuíferos proviene de las sierras que lo limitan: Guadalupe, Las Cruces, Chichinautzin y Santa Catarina y en menor proporción del acuitardo superior.

Continuar con la tendencia de explotación de estos cuerpos de agua no es sustentable ya que en un análisis que realizó la CONAGUA en el 2009, sobre el balance anual entre la cantidad de agua que se extrae y la cantidad que ingresa al acuífero, se reportó una recarga aproximada de 500 millones de m<sup>3</sup> contra una extracción aproximada de 600 millones de m<sup>3</sup>. Lo que implica una gran disparidad en la explotación y recarga de estos cuerpos de agua.

Por esta razón CONAGUA restringe las concesiones para perforar pozos nuevos en este acuífero, por lo que los volúmenes de extracción se encuentran prácticamente constantes; sin embargo,

---

---

también existen pozos clandestinos de los cuales no se tiene registro de la cantidad de agua extraída.

En resumen, las políticas actuales en la explotación del acuífero de la Ciudad de México no son sustentables.

En el caso de la captación de agua de lluvia como fuente de abastecimiento, resulta ser una alternativa muy costosa para nuestra ciudad y zona metropolitana ya que la infraestructura necesaria para dicho efecto estaría desaprovechada el 98% del tiempo además de que esos volúmenes captados serían muy pequeños y la calidad del recurso captado muy mala y llena de patógenos, aceites y grasas que no es viable de potabilizar e incluso es inconveniente para la recarga de los acuíferos.

Otro factor que dificulta el aprovechamiento del agua de lluvia es la falta de zonas de recarga en algunas regiones. Así ocurre, por ejemplo, en el centro de la Ciudad de México donde las arcillas tienen un espesor de 80 a 150 m, por lo que tendrían que perforarse pozos de más de 150 m para inducir una recarga artificial, lo que requeriría cuantiosas inversiones.

Los costos de la recarga artificial representan el principal obstáculo para su aplicación. No obstante en las cuencas del Valle de México y del Río Lerma es necesario considerar su implementación, tal como sucede en otros países como Francia e Israel. Actualmente el acuífero del Valle de México se abate 1.5 m al año, mientras que en el Valle de Toluca es de 1.0 m cada año. En ambos casos no se está logrando el equilibrio, entonces, es necesario que se fije un nivel de explotación a una profundidad adecuada.

Existen dos técnicas de recarga artificial que se podrían utilizar en ambos valles. La primera es directa, a través de pozos, que pueden estar previamente construidos o con pozos que en algún momento se utilizaron y que hoy en día están fuera de servicio. Esta última opción representa el costo más accesible, ya que se aprovecharía la infraestructura existente que algún día sirvió para extraer agua potable, ahora para inducir su recarga. La segunda técnica de recarga artificial utiliza zonas arenosas de recarga que no son fáciles de ubicar y que por lo regular se encuentran en las partes altas. En ambos casos la recarga debe hacerse con agua tratada y debe cubrir las especificaciones de la normatividad vigente.

No obstante se considera positivo legislar que en los nuevos desarrollos se implementen esquemas de aprovechamiento de agua de lluvia ya que con ello se contribuye a disminuir en el

---

---

consumo del diseño original de los conjuntos habitacionales y se disminuye el impacto y concentración en el agua de lluvia que satura el sistema de drenaje.

Todos los puntos mencionados anteriormente nos llevan a crear y tomar acciones que permitan mejorar todo lo concerniente a su manejo.

El déficit y desabasto de agua potable por la sequía que ocurre en la cuenca del Río Cutzamala principalmente, la vulnerabilidad de las tres fuentes de agua potable de la ZMVM, la degradación del medio ambiente por el vertido de aguas residuales a los cuerpos de agua sin tratamiento y los hundimientos del terreno por la sobreexplotación del agua subterránea, son acciones que ponen de manifiesto el colapso paulatino de nuestro sistema actual.

Las acciones o directrices que deben ser tomadas en cuenta para el manejo de este vital elemento se pueden resumir en algunos aspectos importantes como son:

- Encontrar nuevas fuentes de agua sustentables que permitan la recuperación de los cuerpos de agua sobreexplotados.
- Minimizar las ineficiencias del sistema controlando las fugas y rehabilitando la red vieja para reducir al máximo las mismas.
- Incentivar y educar a la población creando una “cultura del agua” mediante campañas explícitas que permitan tener conciencia de lo grave de la situación actual y a futuro.
- Mejorar el servicio y ser equitativos en la distribución de la misma con el fin de que la población de los estratos más bajos no sea siempre la afectada por el desabasto y cortes en el servicio.
- Trabajar arduamente en el rescate de los cuerpos de agua existentes como lo son sus ríos, lagos y acuíferos (actualmente se trabaja en la recuperación de los ríos Magdalena y Eslava) buscando e implementando alternativas que permitan su saneamiento y protección contra su destrucción y contaminación.
- Construir vasos reguladores o presas en las zonas del Ajusco y demás zonas altas que permita la infiltración de agua limpia en forma segura además de contribuir a disminuir la velocidad de agua de bajada que es uno de los problemas actuales de dicha zona.
- Frenar el crecimiento de la superficie urbana impidiendo su expansión en suelo de conservación y, sobre todo, en zonas de infiltración del acuífero.
- La utilización de pozos de absorción o infiltración como solución local para el tema de

---

---

encharcamientos e inundaciones más que infiltración y recarga de acuíferos.

- Operar de manera continua con mayor eficiencia y eficacia los componentes del sistema hidráulico. Aprovechar al máximo y de manera equitativa los caudales con los que se cuenta.
- Reconocer a la recarga artificial como un beneficio directo contra el impacto que se genera por la extracción e invertir en proyectos y sistemas dirigidos a tal efecto.
- Robustecer el marco legal para prevenir el desperdicio y/o contaminación de la misma con leyes que repriman severamente a quien atente contra este valioso recurso.

Resulta evidente que analizar cualquier nueva fuente de agua para la Ciudad de México involucra evaluar su factibilidad técnica y económica, acompañada de un análisis de impacto social y ecológico ya que traer 5 m<sup>3</sup>/s no es fácil desde cualquier fuente imaginable y la tendencia de seguir explotando los acuíferos no es una opción racional.

Finalmente, la ZMVM se enfrenta a un colapso gradual en la disponibilidad del agua que abastece a través de sus tres principales fuentes antes mencionadas y para evitar su colapso total y asegurar su supervivencia, es necesario aplicar medidas drásticas para atenuar o reducir la problemática detectada tales como reducir la dotación de agua por habitante, incrementar las tarifas, programar tandeos equitativos y de esta forma evitar conflictos sociales a futuro por la escasez del agua.

---

---

# ***Capítulo II.***

## ***Catastro de***

### ***infraestructura hidráulica***

- II.1. Importancia del Catastro**
  - II.2. Procedimiento para el levantamiento del Catastro de redes de agua potable**
  - II.3. Descripción del procedimiento de sectorización aplicada a una red de abastecimiento de agua potable**
  - II.4. Características y uso de los sistemas de información geográfica aplicados a redes de distribución de agua potable**
-

---

---

## **CAPÍTULO II. CATASTRO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA**

La justificada y creciente preocupación por mejorar el aprovechamiento del agua en los sistemas de abastecimiento exige aumentar la calidad, rendimiento y eficiencia de dichos sistemas, para conseguirlo, como punto de partida surge la necesidad de conocer a detalle la infraestructura hidráulica lo cual se consigue con el apoyo de herramientas fundamentales como el Catastro y la sectorización de redes fusionados con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), facilitando con ello la toma de decisiones relativas a la gestión técnica del agua.

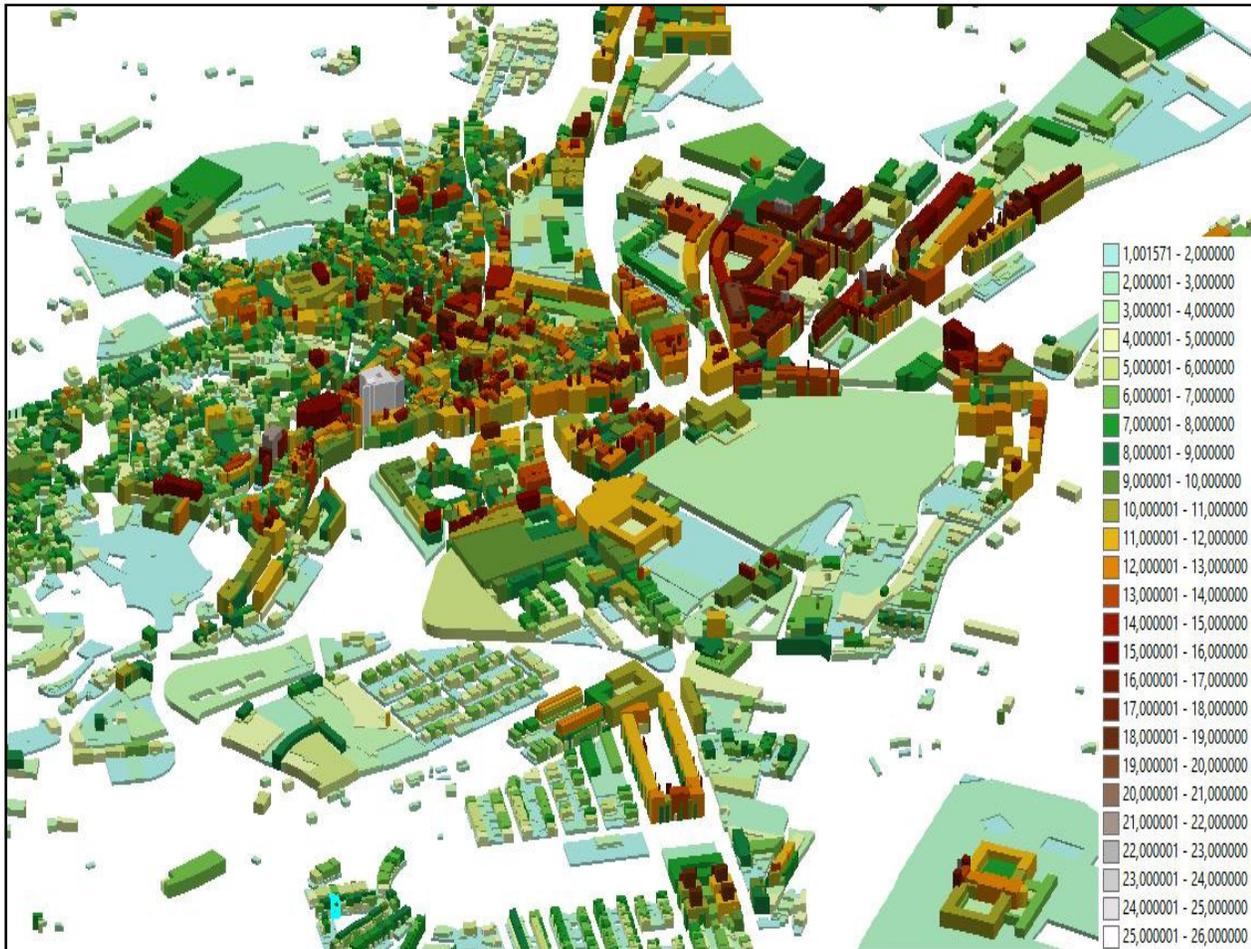
### **II.1. Importancia del Catastro**

El Catastro está definido como un inventario o registro administrativo que puede ser de bienes o de instalaciones tanto urbanas como rústicas, representa una herramienta fundamental empleada principalmente por el Estado para múltiples propósitos, en un principio surgió de la necesidad para detallar bienes o para cobrar impuestos.

Se entendía, y se entiende aún, por Catastro el registro de los bienes inmuebles (ubicación, dimensiones y uso) y sus propietarios, que se utiliza para establecer el monto de la contribución que se impone sobre los bienes inmuebles según su producción, su renta o su valor, y derechos como servidumbres e hipotecas sin embargo la aplicación de esta disciplina se extiende a otros ámbitos tan importantes como el hidráulico.

Etimológicamente, el término Catastro tiene un origen incierto, aunque se consideran varias suposiciones sobre su origen. Primeramente, el origen de la palabra podría encontrarse en la expresión griega *katastichon*, término con el que se identificaba a una especie de “libros mayores”, utilizados en el antiguo imperio de Bizancio, en los que se anotaban operaciones comerciales, de forma individual. Por otra parte, seguramente proviene del latín *capistratum*, como una fusión de *capitum registrum* (registro de predios gravables) o de *capitationis registrum* (registro del impuesto gravable a cada persona o a cada predio), con raíz a su vez en *capuz*, que significa “cabeza” y que era considerado en la organización del pueblo romano; en la época de Carlomagno, como una “lista o inventario por cabeza”. Aunque otros afirman que Catastro, proviene de la palabra italiana *catastico* (lista de ciudadanos con propiedades gravables), derivada del vocablo bizantino *catástijón* (registro, lista, cuenta). Con el tiempo, la

palabra devino en *catastrum*, que quiere decir “registro de predios gravables”; de esta manera, Catastro significa en general “el inventario o censo analítico de la propiedad raíz o inmueble”, ver figura II.1.



**Figura II.1.** Catastro urbano digitalizado con tecnología LIDAR. Fuente: [www.nosolosig.com/noticias/432-tecnologia-lidar-para-mejorar-el-catastro](http://www.nosolosig.com/noticias/432-tecnologia-lidar-para-mejorar-el-catastro). [Consulta: 26 julio 2016].

El Catastro se constituye como un conjunto de datos al servicio de la comunidad, gobierno local y gobierno central, en el que se describen los bienes inmuebles o las instalaciones mediante un conjunto de sus características físicas (superficie, situación, linderos, representación gráfica, año de construcción, uso entre otros aspectos), jurídicas (datos de la propiedad) y económicas (valor del suelo, valor de la construcción, usos).

El Catastro, atendiendo a su naturaleza material es en realidad, una base de datos donde se encuentra alojada información sometida a permanente actualización.

El Catastro desde el punto de vista social

El desarrollo de las entidades requiere de acciones apremiantes que generen elementos de

---

---

apoyo y sirvan de base para determinar las estrategias en el corto y mediano plazo; una de ellas se refiere a la sistematización de los servicios públicos con la implementación de un gobierno electrónico.

Para cualquier proyecto de este tipo es de suma importancia la construcción de dos pilares de información: el registro de personas y el registro territorial.

El de personas porque permite identificar “a quién” se va a otorgar los servicios y el territorial porque concede la información sobre “a dónde” llevarlos.

Este último corresponde al Catastro y partiendo de la experiencia de nuestro país, proyecta una panorámica de limitados alcances y obsolescencia debido a que a lo largo de la historia sólo ha cumplido con la función de recaudación, lo que deriva en la carencia de información precisa y útil para la planeación de otros aspectos como la explotación manejo y desarrollo sustentable de los recursos así como de la realización del inventario de las zonas de riesgos, por mencionar algunos.

Contar con la información territorial y de sus instalaciones es poseer un universo de datos muy amplio y variado. Entre los múltiples registros se encuentran el de las riquezas del subsuelo, los servicios públicos instalados como parte de la infraestructura urbana, las redes telefónicas, de transmisión de datos y eléctricas; los registros del patrimonio histórico, los registros limítrofes, entre otros. Estos elementos son precisamente los que nos permiten múltiples acciones que podrían agruparse en cuatro vertientes:

1. Catastro con fines del desarrollo sustentable. Corresponde a una corriente internacional en la cual se puede identificar la sustentabilidad de los predios considerando variables tales como: áreas verdes, vías peatonales, servicios públicos (agua, drenaje, energía eléctrica), índices de contaminación (ruido, residuos sólidos, desechos tóxicos), para de esta manera registrar las acciones de gobierno dirigidas a brindar a la población un hábitat con condiciones óptimas para el desarrollo y esparcimiento.
2. Catastro con fines geo-políticos y para el resguardo del patrimonio. Contribuye a subsanar la necesidad de conocer los límites de los municipios para la toma de decisiones y el registro completo de los bienes culturales e históricos de los países.
3. Catastro de riesgos y protección a la ciudadanía. Realizar un levantamiento tridimensional permite tener una apreciación topográfica de altimetría, útil para

---

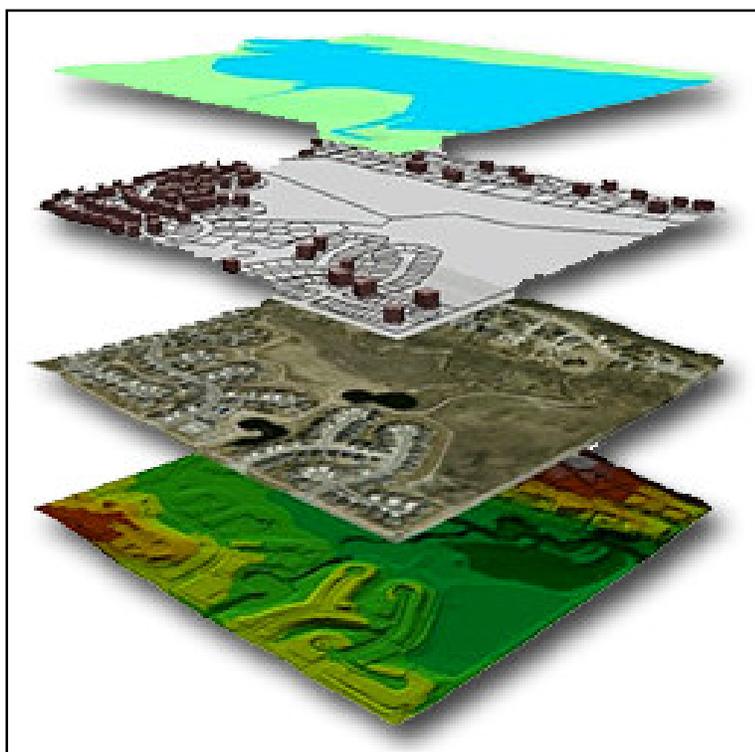
---

identificar los cauces de los ríos, los efectos de fenómenos atmosféricos y emisiones de magma de actividades volcánicas por mencionar algunos; posibilita también registrar la ubicación de los residuos sólidos, entre otros.

4. Por último el Catastro fiscal y tributario para el fortalecimiento de las haciendas públicas. Como puede observarse, el tema del Catastro es de gran trascendencia para la definición de políticas públicas toda vez que éste se convierte en el instrumento para el desarrollo de un país, de un estado y de un municipio. Por ello este tema deberá abordarse con mayor amplitud desde las múltiples aristas que lo vinculan con los aspectos jurídicos, geográficos, informáticos y fiscales que necesariamente deberán ser abordados por expertos en la materia.

#### Usos y utilidades del Catastro

El Catastro es empleado cada vez más con fines multifinalitarios, aprovechando los adelantos tecnológicos que permiten georeferenciar distintos tipos de información, en diferentes capas o niveles sobre un mismo plano, respecto a cada bien inmueble, figura II.2.



**Figura II.2.** Catastro georeferenciado para fines múltiples. Fuente: <http://afvalen2.blogspot.mx/>. [Consulta: 30 julio 2016].

Entre los usos más comunes que se le dan al Catastro en México, se establecen los siguientes:

- Fiscales.- Dado que en él se contienen los elementos que constituyen la base de las

---

---

contribuciones a la propiedad inmobiliaria, como el Impuesto Predial, por citar el más importante.

- Jurídicos.- En la regularización y tenencia de la tierra y de los asentamientos humanos, ya que aporta todos los datos relativos a las características del inmueble. Asimismo, es un instrumento coadyuvante del Registro Público de la Propiedad muy valioso, al permitir la obtención de planos que refuerzan la ubicación del predio materia de registro, dando certeza jurídica y material a la operación.
- Administrativos.- Al servir a las autoridades municipales como una herramienta de gran utilidad para la dotación y prestación de los servicios públicos, tanto en la introducción de éstos como en su mantenimiento o ampliación, ya que permite conocer con exactitud si un área específica cuenta o no con determinado servicio y la ubicación, cantidad y calidad de cada uno de éstos, como las redes del agua potable y del alcantarillado, los panteones, los mercados municipales, los módulos de seguridad pública, la cantidad de viviendas construidas, el tipo de pavimentación con que cuenta cada calle, las lámparas de alumbrado público instaladas, la extensión de la mancha urbana, la topografía del municipio, etc.
- Geográficos.- Puesto que de él se obtienen los planos del territorio municipal y estatal, sirviendo para determinar, y en su caso conocer, los límites territoriales de ambas divisiones políticas. Igualmente el Catastro permite identificar zonas de riesgo para diversos fenómenos naturales, como: inundaciones, terremotos, etc., lo que coadyuva a tomar las medidas preventivas correspondientes.
- Estadísticos.- Georeferenciando al municipio y a sus distintas regiones información de tipo estadístico, como: Impuesto Predial recaudado por localidad, habitantes que radican en el municipio y en cada localidad, etc., facilitando así su consulta y comparación.
- Socioeconómicos.- El Catastro es de enorme valía para el ordenamiento de los asentamientos humanos y la promoción de la vivienda y demás actividades económicas, pues, gracias a él, la autoridad municipal zonifica y controla el crecimiento y sectorización de las ciudades, mediante la previsión y dictaminación de uso del suelo urbano y la aplicación diferenciada de contribuciones inmobiliarias e incentivos,

---

---

convirtiendo así al municipio en actor importante del desarrollo de su comunidad.

- De planeación.- Así como el Catastro es una herramienta muy útil para la prestación de los servicios públicos, también se constituye en un pilar para la planeación, dado que, al sobreponer en ésta información de la infraestructura y equipamiento urbano con que cuenta un municipio, la población asentada en las distintas localidades o colonias de la ciudad, los servicios públicos de que dispone, etc., toda esta gama de información se emplea para la planeación del desarrollo y consecuentemente para la presupuestación del gasto de inversión, tanto municipal como estatal, e inclusive federal de manera coordinada.

### Catastro hidráulico

En numerosas ciudades del país, se presenta poca confiabilidad en relación al estado de la infraestructura hidráulica actual en materia de agua potable.

Por lo anterior, es poco probable establecer programas o proyectos confiables en materia de distribución dentro de la ciudad.

Aun cuando se tiene incertidumbre desde la ubicación de tuberías y válvulas, así como el estado que presentan, se tiene un adelanto significativo en materia de manejo de información relacionada con los SIG, ver figura II.3.

El Catastro aplicado a la infraestructura hidráulica tiene como propósito detallar la red tanto en sus componentes como en su ubicación topográfica.

Los sistemas hidráulicos de las áreas urbanas, constituidos fundamentalmente por las redes de agua potable, alcantarillado y en algunos casos de agua residual tratada, son muy dinámicos en su desarrollo, por lo cual resulta difícil contar con un registro exacto de sus componentes.

Por la razón anterior, y ante la constante demanda de mejoras y adecuaciones en los servicios, las Dependencias, como la CONAGUA, a través de sus organismos operadores de agua, han instrumentado una serie de acciones que obedecen a la premisa de contar con un inventario de la infraestructura de los sistemas hidráulicos y de saneamiento en las áreas urbanas de las diferentes ciudades de la República Mexicana.

En el marco de estas acciones de actualización de la información, se vuelve necesario establecer en forma clara las normas, criterios y procedimientos que deben seguirse para efectuar las actividades de Catastro con la finalidad de uniformizar los conceptos y actividades a realizar en

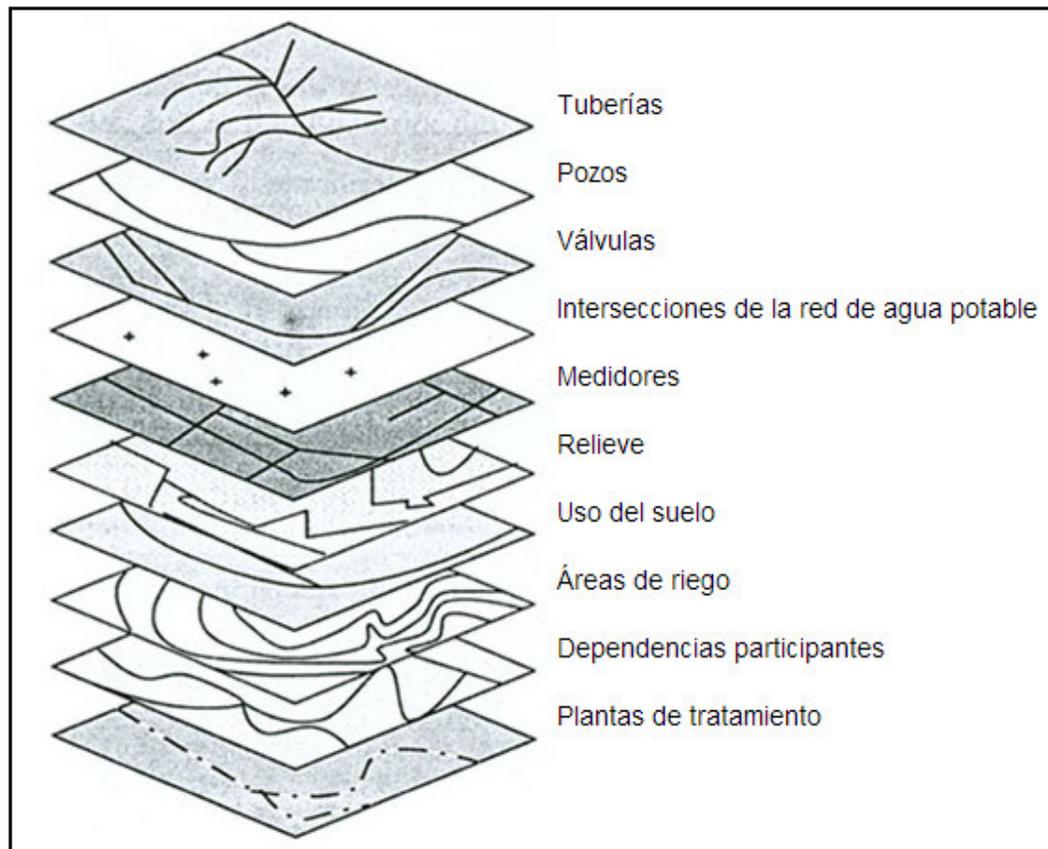
---

---

trabajos de esta naturaleza.

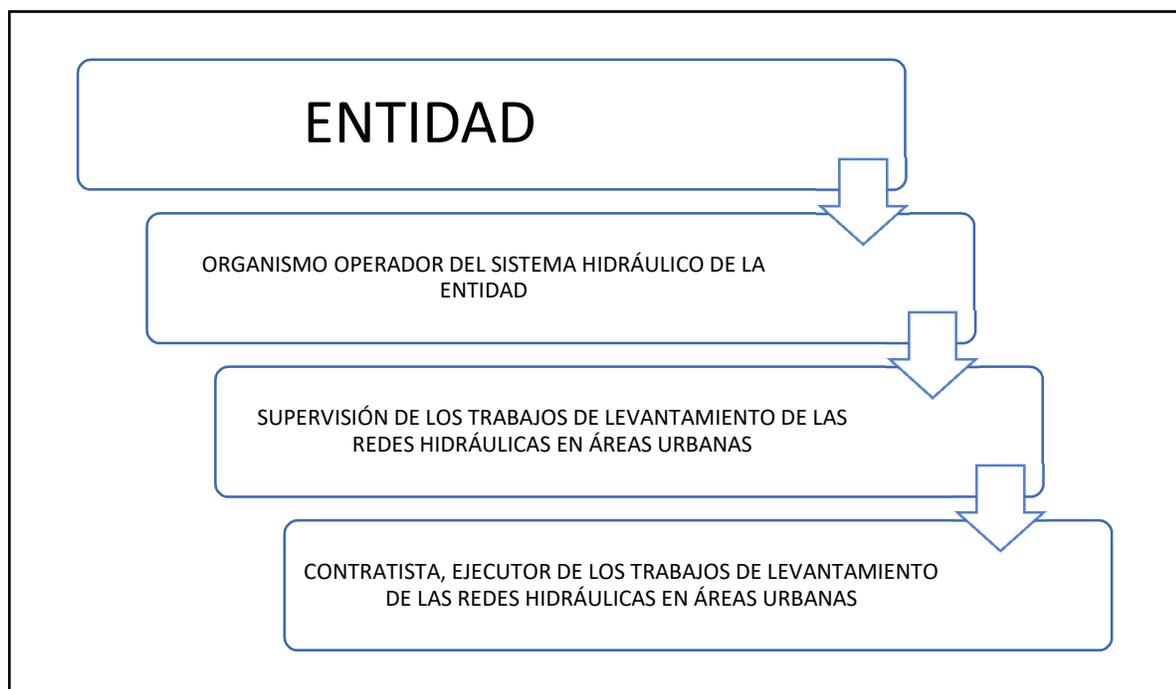
En las zonas urbanas de nuestro país, se presentan diversos factores que complican el inventario de la infraestructura de los servicios hidráulicos y de saneamiento, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- Las diferentes épocas en que son construidos sus distintos elementos.
- Los diversos organismos que intervienen en la ejecución de las obras.
- Las continuas modificaciones urbanas que se realizan en las ciudades.
- Las modificaciones a los proyectos de las redes por dificultades constructivas o reparaciones posteriores que no quedan registradas en planos.
- Las partes de las redes construidas por los propios habitantes, en ocasiones sin fundamentos técnicos y sin dejar ninguna constancia en planos.



**Figura II.3.** Capas temáticas del SIG PUMAGUA. Fuente: [http://www.pumagua.unam.mx/sistema\\_informacion.html](http://www.pumagua.unam.mx/sistema_informacion.html). [Consulta: 26 julio 2016].

Las responsabilidades e interrelaciones existentes entre las diversas entidades que hacen posible el desarrollo de las actividades y la toma de decisiones durante los trabajos del Catastro, se presenta en el esquema de la figura II.4.



**Figura II.4.** Entidades que intervienen en los trabajos de Catastro. Fuente: CONAGUA, 2003.

#### Beneficios del Catastro hidráulico

El inventario de la infraestructura hidráulica de una ciudad es responsabilidad del Organismo Operador que la administra y los beneficios que se consiguen al contar con el Catastro son los siguientes:

- Facilita la toma de decisiones de los niveles gerenciales.
- Mejora la eficiencia de los servicios de saneamiento.
- Orienta la administración y gestión del desarrollo de la empresa prestadora de servicios.
- Permite conocer y administrar el potencial tributario de la jurisdicción.

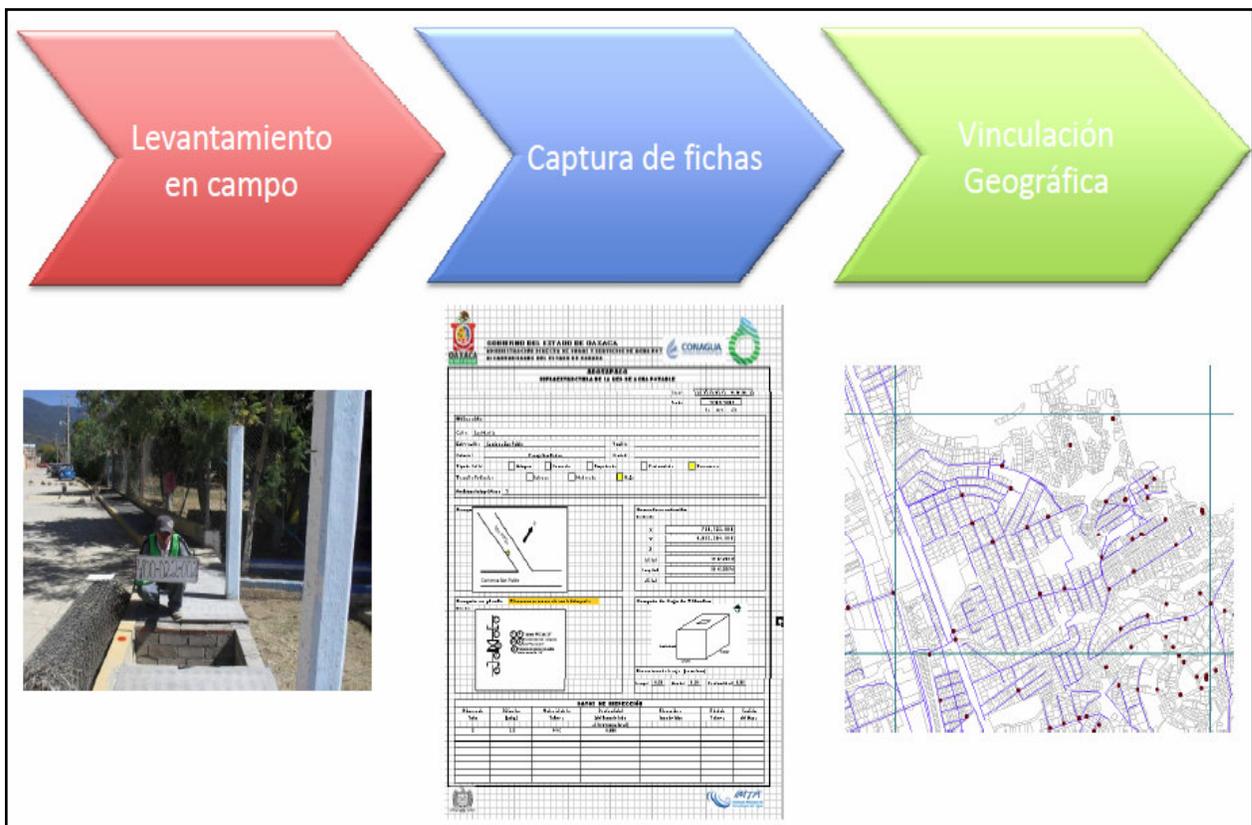
El Catastro de redes constituye uno de los requisitos fundamentales para realizar una eficiente operación y mantenimiento de las redes tanto de agua potable como de alcantarillado sanitario, por lo siguiente:

- Permite determinar la ubicación exacta y referenciada de cada uno de los elementos de los sistemas que abastecen y evacúan el agua en una ciudad.
- Hace posible contar con una radiografía integral y actualizada de su estado.
- Brinda las pautas para cualquier actividad de operación.
- Posibilita el proceso de diagnóstico de las pérdidas físicas en la distribución de agua

potable y contaminación en el alcantarillado sanitario, debido a fugas en las juntas, o roturas en el cuerpo de las tuberías, o por el mal estado de las válvulas.

Un Catastro de redes es un sistema de registro de fichas técnicas que contienen información estandarizada, relacionada con todos los detalles técnicos de ubicación y especificaciones técnicas de los elementos de la red instalados y vinculadas a un SIG, ver figura II.5. El Catastro hidráulico es importante para:

- Conocer todo lo referente a los detalles técnicos y operacionales de la totalidad de los elementos que intervienen en cada uno de los sistemas mencionados.
- Efectuar maniobras de operación y regulación del sistema con seguridad y exactitud, basándolas en el conocimiento preciso del lugar de ubicación y de las condiciones técnicas de operación de sus principales accesorios.
- Ejercer un mejor control sobre la operación de los respectivos sistemas, apoyar la tarea de detección y localización de fugas y aportar información para su reparación oportuna.
- Mantener actualizada y disponible la información sobre ampliaciones y sustituciones de componentes de las redes.



**Figura II.5.** Actualización del Catastro de una red de distribución de agua potable. Fuente: Alcocer, 2013.

---

---

## Objetivos del Catastro hidráulico

Los objetivos fundamentales del levantamiento de las redes hidráulicas son los siguientes:

- Coadyuvar a realizar de manera oportuna, eficiente y eficaz las labores de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento en los sistemas de agua potable, alcantarillado y agua residual tratada.
- Dejar evidencia escrita (informe final) y gráfica (planos) del estado y características físicas y de operación del sistema, con información clara, confiable y organizada de manera adecuada.
- Que la información sea fácil de comprender y manejar aun cuando el tiempo transcurrido entre el levantamiento y la consulta sea largo.
- Poder actualizar la información en forma rápida y sencilla, cuando se efectúen obras que modifiquen partes de la red.
- Junto con las labores de medición y recolección de datos (ubicación, nivelación e inspección), cuando sea necesario se realicen trabajos que mejoren las condiciones del sistema como renivelación de tapas y desazolve o achique de pozos o cajas.
- Análisis, evaluación, formulación y desarrollo de programas de control de pérdidas con miras al fortalecimiento de la gestión técnica.
- Apoyo a la elaboración de planes de desarrollo, planes de ordenamiento territorial y para la formulación y evaluación de proyectos de inversión, y entrada de datos reales de estructura y funcionamiento para simulaciones hidráulicas de la red de agua potable, con un software apropiado, con el fin de determinar la capacidad de los sistemas y la factibilidad técnica de atender la demanda del servicio en las áreas de cobertura del prestador de servicios; estos escenarios virtuales también facilitan la anticipación y solución de problemas operativos no contemplados en el diseño original de la red y que con el transcurrir del tiempo se vienen presentando.
- Finalmente, se tiene el objetivo básico de beneficiar a la población que hace uso del sistema hidráulico, al proporcionar a la administración de dicho sistema, información completa y confiable, para facilitar las acciones encaminadas a resolver los problemas que se presenten durante su operación y mantenimiento.

---

---

## **II.2. Procedimiento para el levantamiento del Catastro de redes de agua potable**

A continuación se describirán cada uno de los pasos que constituyen la secuencia de actividades para el Catastro de las redes hidráulicas las cuales comprenden redes tanto de agua potable como de alcantarillado, esta última no es motivo de este trabajo sin embargo se revisa por estar considerada dentro del procedimiento general; dichas actividades deberán llevarse a cabo por personal debidamente capacitado que pertenezca ya sea al propio Organismo Operador de la red hidráulica o al contratista que tenga asignados los trabajos, esto último es lo habitual hoy en día, es decir mediante una licitación pública el Organismo Operador asigna el contrato para la ejecución de los trabajos a alguna compañía que demuestre experiencia y capacidad técnica en el tema de los catastros y que por supuesto ofrezca realizarlos a un costo competitivo.

Un buen Catastro de cualquier índole requiere necesariamente de personal calificado cuyo perfil técnico y administrativo se identifique cabalmente con el desarrollo de funciones tales como: valuación, cartografía, digitalización de datos, trámite y registro de operaciones catastrales, etc. Para que el Catastro cumpla con los requerimientos del Organismo Operador, deberán desarrollarse importantes actividades de campo y gabinete, que en ocasiones deben realizarse simultáneamente, lo cual dependerá de la organización y personal con que se cuente para la ejecución.

Por otra parte, debido a la gran cantidad de información que se genera como resultado del levantamiento de las redes hidráulicas, es de vital importancia considerar el apoyo de medios electrónicos, con la gran versatilidad y ventajas que éstos representan, requiriendo como parte del proyecto la elaboración de un SIG cuyas características se tratarán a detalle en el subcapítulo II.4 de este trabajo.

### Secuencia para el Catastro

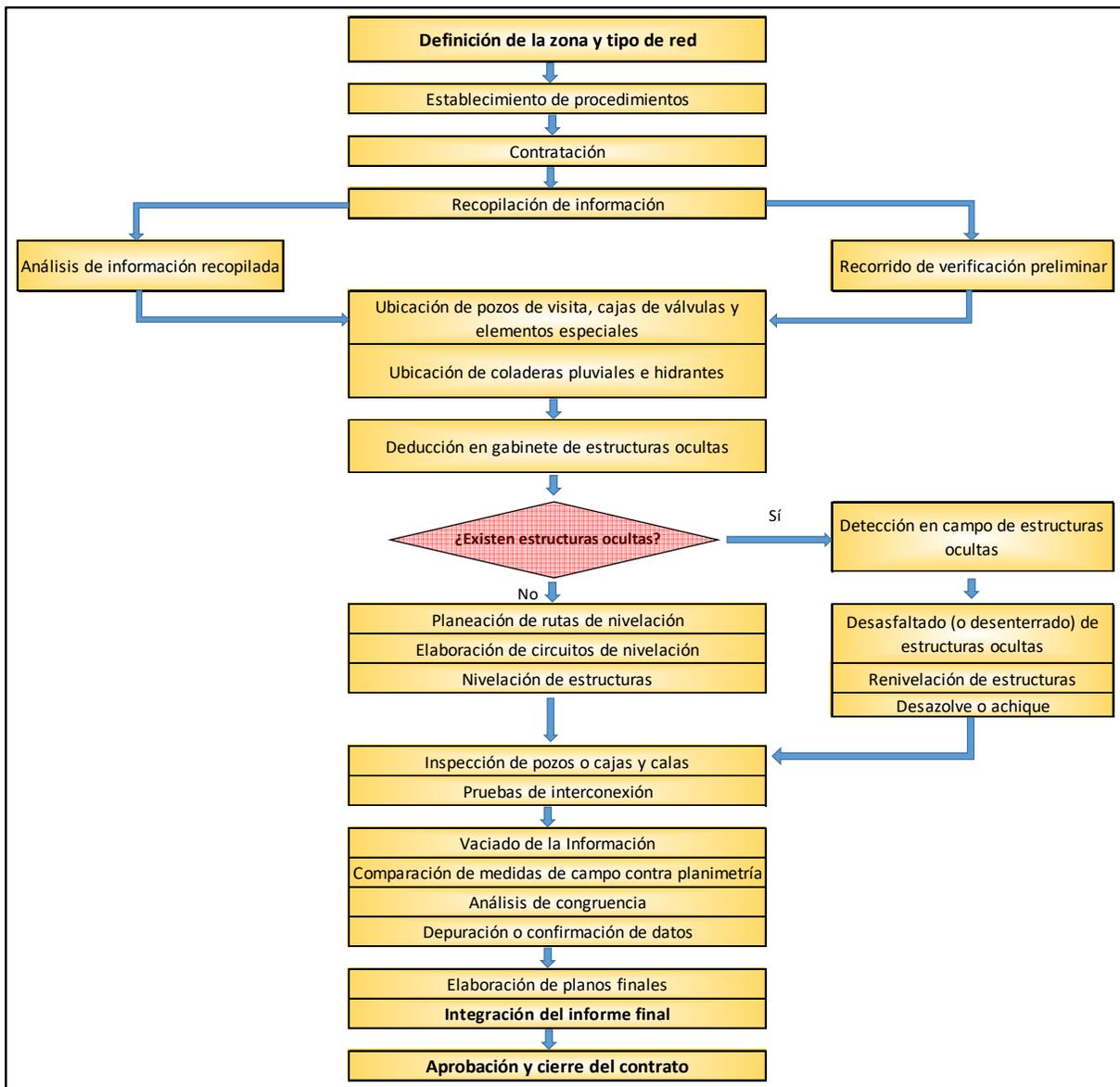
Generalmente, el trabajo de levantamiento debe circunscribirse en las labores técnicas de planeación de rutas, referenciación, nivelación e inspección de pozos de visita o cajas de válvulas, así como en el análisis de los datos obtenidos en campo, presentándolos en forma documental y gráfica. Estas actividades constituyen una secuencia de ejecución en la que todas son igualmente importantes.

En ocasiones la secuencia normal del levantamiento se verá afectada por la necesidad de ejecutar trabajos extraordinarios o especiales, como son: la búsqueda, desasfaltado y

renivelación de estructuras ocultas; el desazolve o achique de pozos y cajas de válvulas y pruebas de interconexión. Los trabajos especiales y administrativos también forman parte del proceso de ejecución, pero deben programarse y realizarse conforme se requieran, previa autorización de la supervisión, procurando reducir al mínimo los tiempos de espera para las actividades de rutina.

### Actividades

A continuación se revisaran 25 actividades fundamentales para el Catastro hidráulico, dichas actividades se presentan de acuerdo con su orden normal de ejecución, explicando a grandes rasgos en que consiste cada una de ellas, ver figura II.6.



**Figura II.6.** Diagrama de flujo del Catastro hidráulico. Fuente: CONAGUA, 2003.

---

---

Dentro de la lista de actividades no se considera la elaboración del SIG, esto con la finalidad de no condicionar el desarrollo de las actividades en algún punto determinado. La elaboración del SIG se describe a detalle más adelante en el subcapítulo II.4 como ya se comentó.

a) Definición de la zona y tipo de red.

El tipo de red, su ubicación y extensión será indicado por el Organismo Operador en los términos de referencia del contrato, con lo que se eliminan pérdidas de tiempo y duplicidad en los trabajos asignados al ejecutor.

b) Establecimiento de procedimientos.

Las especificaciones más importantes de los trabajos en cuestión se establecen en este documento, por lo que es indispensable que el ejecutor conozca su contenido antes de efectuar cualquier negociación con el Organismo Operador.

La definición de aspectos no considerados en el procedimiento, o la modificación de una o varias de las normas contenidas en él, se hará en “los términos de referencia” o en “la propuesta específica de ejecución de los trabajos”.

Como parte de esta actividad, también se pactarán los tiempos de ejecución, calendarios de entregas, formas de pago, entre otros aspectos. Además, el ejecutor debe conocer las especificaciones de construcción para los sistemas de agua potable, alcantarillado y agua residual tratada de la entidad en que se realizarán los trabajos.

c) Contratación.

Antes de iniciar cualquier trabajo, el Organismo Operador y la contratista ejecutora deberán celebrar el contrato respectivo, en el cual se señalarán con claridad los aspectos comprendidos en las dos actividades mencionadas en primer término.

El contrato servirá, entre otras cosas, como antecedente para solicitar de manera oficial el apoyo de otras instituciones afines para recopilar información antes de iniciar el proyecto o durante el transcurso de éste.

d) Recopilación de información.

El ejecutor podrá solicitar al Organismo Operador la información sobre la topografía básica, planimetría o bien otros planos o estudios que se consideren necesarios para efectuar los trabajos respectivos.

---

---

e) El análisis de información recopilada.

Mediante este análisis se identificará la información actualizada y confiable, descartando la que no sea útil. Además, se ubicarán los lugares que presenten mayor confusión o dificultad, en los cuales deberá intensificarse la investigación y los controles de calidad, y con los trabajos de campo se verificará o actualizará la ubicación, nivelación o características internas de las estructuras.

f) Recorrido de verificación preliminar.

Paralelamente a la actividad anterior y con el fin de verificar la exactitud de los datos recopilados, se realizarán recorridos de campo, durante los cuales se llevará un plano, preferentemente a escala 1:2,000 que resuma dicha información, en él se anotará por ejemplo, si existen más pozos o cajas que los indicados en el plano y se señalará su ubicación aproximada.

Estos recorridos permitirán programar las rutas de nivelación y demás trabajos de campo. Además de lo anterior, el recorrido servirá para tener un panorama de los servicios (pavimentación y urbanización entre otros) y topografía de la zona, así como los posibles problemas a enfrentar como son el tránsito vehicular y grupos vandálicos.

g) Ubicación de pozos de visita, cajas de válvulas y elementos especiales.

Todos los pozos de visita y cajas de válvulas se referenciarán en campo respecto al trazo de calles y avenidas y entre sí mismas, para esto existen dos métodos, ya sea mediante la medición directa en campo con cinta, o asignando a cada estructura coordenadas "X", "Y" a partir de un banco maestro mediante el empleo de estación total, en este caso se requiere que la información planimétrica se tenga previamente digitalizada en medios magnéticos.

h) Ubicación de coladeras pluviales e hidrantes.

Para ubicar las estructuras complementarias de la red, como coladeras pluviales, hidrantes contra incendio o garzas para el abastecimiento de carros – cisterna; bastará con que una persona recorra caminando la ruta establecida y marque en una copia heliográfica de la zona, la posición aproximada de cada elemento, sin que sea necesario llenar algún otro formato ya que sólo se requiere tener una idea de su distribución, problemas, condiciones y densidad dentro de la zona en estudio.

---

---

i) Deducción en gabinete de estructuras ocultas.

Una vez que se cuenta con planos que incluyan todos los pozos o cajas encontradas en los recorridos, se analizarán para verificar la posible existencia y posición de estructuras no visibles. Para tal efecto, se revisarán las separaciones que guardan entre si los pozos o cajas tanto en los planos levantados como en otros planos de la zona u otras fuentes de información.

En este caso debe inferirse su ubicación consultando otras fuentes o con base en la experiencia del técnico responsable. Cuando se conozca la probable ubicación de un número suficiente de esas estructuras se programará su localización precisa en campo.

j) Detección en campo de estructuras ocultas.

Cuando se haya definido la ubicación probable de un número suficiente de estructuras ocultas, se programará la ruta que debe seguirse en el trabajo de detección. Para facilitar la localización de las tapas ocultas se usará un detector de metales y se preguntará preferentemente a los vecinos que tengan más tiempo de residencia en la zona.

k) Planeación de rutas de nivelación.

Se programarán las rutas de nivelación con base en la posición relativa y cercanía de los pozos de visita, a los bancos de nivel oficiales u otros que puedan establecerse, para lo cual deberá procurarse formar circuitos cerrados de aproximadamente un kilómetro de longitud que parten de un banco oficial, cuyo trazo se basará en el método de ida y vuelta o en el de doble punto de liga, con apoyo en puntos conocidos de algunos bancos auxiliares establecidos en la zona. Para programar las rutas de nivelación es indispensable identificar cada pozo por medio de una clave.

Por otro lado, para lograr mayor eficiencia en los trabajos de nivelación topográfica conviene programarlos cuando se haya concluido la localización de pozos ocultos y renivelación (actividades "j" y "o". respectivamente).

Existe otra actividad en relación con las mencionadas y que se refiere a la apertura de tapas selladas; su ejecución en campo seguirá los mismos lineamientos que el desasfaltado, ya que se considera un trabajo especial.

l) Elaboración de circuitos de nivelación.

Con base a la posición relativa y cercanía de los pozos de visita a los bancos de nivel

---

---

oficiales u otros que puedan establecerse, se programarán circuitos de nivelación de acuerdo al criterio del ejecutor, en el que el error máximo deberá de ser:

$$\sqrt{0.005k}$$

En donde  $k$  es la distancia recorrida en kilómetros; los registros deben ser procesados en un programa de cómputo, los datos obtenidos se vaciarán posteriormente en los formatos que establezca el Organismo Operador.

m) Nivelación de estructuras.

La actividad de nivelación topográfica de estructuras, partirá de puntos de liga previamente revisados y autorizados, y se realizará preferentemente cuando la estructura tenga asignada una clave de identificación. El nivel se obtendrá del brocal del pozo o del marco de la caja según sea el caso, y cuando este se encuentre en forma inclinada se obtendrá del punto medio del desnivel, estableciendo como referencia un punto marcado con pintura, en el brocal o tapa, esta información deberá anotarse en el formato que corresponda.

n) Desasfaltado (o desenterrado) de estructuras ocultas.

Cuando se haya ubicado con precisión un número suficiente de estructuras no visibles se desasfaltarán. En esta actividad se empleará un mínimo de dos peones por estructura, uno de ellos realizará el desasfaltado, mientras el otro desvía el tránsito de vehículos o ayuda a mover el escombros.

*Debe tenerse especial cuidado con el gas que posiblemente este atrapado en pozos de visita asfaltados y aún más, deben tomarse precauciones en las cajas de válvulas.*

El responsable de los trabajos presentará su programa de desasfaltado y apertura de tapas selladas a la supervisión para su autorización, en este programa se definirán las estructuras que se consideren necesario desasfaltar o las tapas que serán abiertas de acuerdo a la importancia que tengan para conocer el funcionamiento de la red.

o) Renivelación de estructuras.

La renivelación de las tapas de pozos de visita y cajas de válvulas respecto al pavimento deberá realizarse el mismo día del desasfaltado, para lo cual será necesario contar con el personal, material y herramientas necesarias, así como el vehículo para el traslado del

---

---

material al sitio donde se efectuarán las obras y para el retiro del escombro. Al igual que en la actividad 'n', el responsable de los trabajos entregará a la supervisión su programa de nivelaciones.

p) Desazolve o achique.

Si al destapar una caja de válvulas o un pozo de visita se encuentra que contiene agua, azolve o basura, y ello impide su inspección (actividad "q"); deberá eliminarse ese obstáculo hasta un nivel que permita obtener la información requerida. Por tratarse de una actividad necesaria sólo para algunas estructuras se requiere aplicar un control administrativo especial. Para esta actividad también se entregará a la supervisión, un programa de actividades similar al de las actividades "n" y "o" para su autorización.

q) Inspección de pozos o cajas y calas.

Si el pozo o caja no presenta problemas para su inspección desde el exterior (medición de profundidad y diámetro de los tubos mediante el uso de escantillón en los pozos de visita), se indicara en el formato correspondiente. En caso de que no se puedan obtener los datos desde el exterior y deba introducirse algún trabajador, se deberán extremar precauciones.

r) Pruebas de interconexión.

Cuando las observaciones de campo o los análisis de gabinete no aclaren el comportamiento hidráulico de una parte de la red de alcantarillado, se efectuarán pruebas con material ligero flotante (confeti) u algún medidor especializado para determinar la interconexión y dirección del agua en las tuberías.

s) Vaciado de la Información.

Los datos obtenidos en campo deben registrarse en copias de los planos con el empleo de los colores determinados para cada accesorio o instalación. Lo anterior permitirá evaluar el avance logrado, programar las actividades faltantes, revisar y analizar los datos para decidir si procede o no su dibujo definitivo (actividad 'w'). Esta actividad debe realizarse inmediatamente después que se realice el trabajo de levantamiento, ya que cualquier duda será más fácil de aclarar.

t) Comparación de medidas de campo contra planimetría.

Al vaciar la información recabada con la estación total en campo a los planos base, se

---

---

verificará aleatoriamente si las medidas entre cada caja o pozo de visita y otros puntos de referencia (actividad "g") se pueden representar de manera conveniente en la escala establecida. En caso de dificultad, deberá informarse al Organismo Operador que los pozos y cajas se ubicarán con base en la planimetría aunque la distancia entre estructuras difiera de la real.

u) Análisis de congruencia.

Cuando se haya vaciado toda la información en los planos base y no existan problemas de representación gráfica (actividad "t"), deberá verificarse la congruencia de la información; por ejemplo en los pozos de visita el diámetro del tubo de salida no debe ser menor que el de los de llegada.

v) Depuración o confirmación de datos.

Cuando el análisis de la red revele que existen incongruencias o que no se cumplen las normas de construcción deberá confirmarse si se debe a errores de campo o de interpretación de la información reportada, o bien si se trata de deficiencias reales del sistema hidráulico (hundimientos del subsuelo, fallas de construcción o problemas de operación), en caso necesario se efectuarán nuevamente las inspecciones de campo, si se confirma que existen deficiencias en la red se dará aviso por escrito al Organismo Operador.

w) Elaboración de planos finales.

Una vez depurada la información se elaborarán los planos definitivos de la zona levantada respetando las especificaciones tanto de dimensiones y características generales requeridas por el Organismo Operador. Si la red levantada sólo cubre parcialmente uno de los planos, se confirmará ante el Organismo Operador si se elabora el plano correspondiente o si en su caso, se aprovecha el de la otra fracción de la red.

Toda la información relativa al Catastro de las redes de agua potable además de quedar implantada en el SIG, se plasmará por separado en planos tipo, escala 1:1,000.

x) Integración del informe final.

Toda la información del Catastro se entregará al Organismo Operador a través de la integración de un informe final que contendrá o considerará de manera enunciativa más no limitativa lo siguiente: original y una copia de la memoria descriptiva, planos y sus

---

---

memorias descriptivas y originales de todas las fichas individuales de las estructuras levantadas ordenadas por planos.

y) Aprobación y cierre del contrato.

Una vez que se efectúe la entrega final del trabajo, el Organismo Operador hará una verificación aleatoria de los datos y, de no existir problema, se dará por aceptado, con las reservas normales de este tipo de trabajos para aclaraciones o consultas posteriores.

De este conjunto de actividades, las que se desarrollan directamente en el campo tienen una relevancia importante ya que tanto los catastros hidráulicos nuevos como las actualizaciones sucesivas dependen básicamente de la información recabada directamente en el sitio donde se encuentra físicamente la red; en el cuadro II.1 se concentran las actividades de campo para revisar el personal y equipos requeridos en cada una de ellas, así como los rendimientos referenciales que se pueden obtener.

#### Fuentes de información

Una de las fases más importantes de cualquier Catastro de redes es la recopilación de información previa a los trabajos de campo, ya que permitirá identificar la información con que se cuenta y hacer una buena planeación de las actividades.

Por ello, además del organismo encargado del suministro de los servicios hidráulicos, deberá recurrirse a otras fuentes alternas que pudieran tener información actualizada al respecto como son: contratistas que han realizado obras o proyectos al Organismo Operador, grupos de colonos, comisariados ejidales u otras organizaciones de colonias populares que por sí mismos hayan efectuado parte de las redes hidráulicas, o conozcan las características de las mismas, así como la oficina de agua y saneamiento, responsable de la operación, mantenimiento y obras menores en las redes de agua potable y alcantarillado.

Entre la información que deberá solicitarse al Organismo Operador serán los planos preferentemente en escala 1:2,000 de la zona de estudio, datos actualizados sobre el sistema de bancos de nivel, estudios, proyectos y planos de red primaria y secundaria u obras especiales, inventarios de infraestructura, planos de políticas de operación, zonificación de riesgos de explosión en el alcantarillado, infraestructura de agua potable y alcantarillado por colonias y datos de levantamientos de la infraestructura hidráulica adyacente a la zona de estudio. Los planos base generalmente serán proporcionados por el Organismo Operador y el responsable

del levantamiento deberá reproducirlos y completar sus datos de acuerdo a las necesidades de los trabajos a ejecutar.

Inciso	Actividad	Personal	Equipo	Rendimiento	Observaciones
g	Ubicación de pozos de visita, cajas de válvulas y elementos especiales	Brigada de tres personas: un jefe de brigada o anotador y dos cadeneros. Con tránsito vehicular ligero dos personas, con intenso cuatro personas	Estación total o equipo de georeferenciación, banderola para tránsito, traficonos, brújula de mano y odómetro	85 pozos en 7 h 20 cajas en 7 h  21 elementos en 7 h	Estos rendimientos son para brigadas dedicadas exclusivamente a cada elemento
h	Ubicación de coladeras pluviales e hidrantes	Una persona	No requiere equipo especial	200 coladeras por km	El personal solo requerirá papelería para anotaciones en copia de plano
j	Detección en campo de estructuras ocultas	Brigada de tres personas: un jefe de brigada más una persona especializada en el manejo de metales	Detector de metales, barreta, vehículo para desplazarse y el equipo indicado en el inciso "g"	6 estructuras por día	---
m	Nivelación de estructuras	Brigada de tres personas: un topógrafo y dos estadaleros. Con tránsito vehicular intenso un banderero adicional	Estación total, estadales, banderola para tránsito, traficonos, pintura y brocha	60 estructuras en 7 h	---
n	Desasfaltado (o desenterrado) de estructuras ocultas	Dos personas: una afloja el material y la otra lo remueve y auxilia en desvío de tránsito	Pico, barreta, marro, cuña, pala, escoba, traficonos, carretilla. En ocasiones rompedora neumática y vehículo para escombros	Desasfaltado: 4 tapas por día; apertura de tapas selladas: 10 tapas por día	---
o	Renivelación de estructuras	Dos personas: una acerca el material y el otro lo usa	Herramienta y materiales de albañilería: cuchara, pala, martillo, cincel, cemento, arena, grava, tabique y agua	2.5 tapas de pozos o 1.25 contramarcos de cajas por día con profundidad de hasta 70 cm	---
p	Desazolve o achique	Brigada de tres personas: dos para realizar trabajos y un chofer para transporte y apoyo	Vehículo, motobomba y mangueras tanto de succión como de descarga, cubetas, cuerda, pala, señales preventivas	4 estructuras por día	Estos rendimientos son para brigadas dedicadas exclusivamente a esta actividad
q	Inspección de pozos o cajas y calas.	Brigada de cuatro personas: un anotador, dos cadeneros y un auxiliar	Cinta métrica, escantillón, lámpara, cuerdas, escalera, equipo de seguridad para el personal y botiquín grande de primeros auxilios que contenga máscara de oxígeno	55 estructuras por día (sin descenso de trabajador)  10 estructuras por día (en caso de ser necesario descenso de trabajador)	Esta actividad podrá efectuarse simultáneamente con la actividad "n", para este caso el rendimiento será de 50 estructuras por día
r	Pruebas de interconexión.	Brigada de cuatro personas	Lámpara, varilla o martillo para producir golpes y sonido, tambos con agua y colorante	1 pozo por día	---

**Cuadro II.1.** Actividades de campo para la elaboración del Catastro hidráulico. Fuente: CONAGUA, 2003.

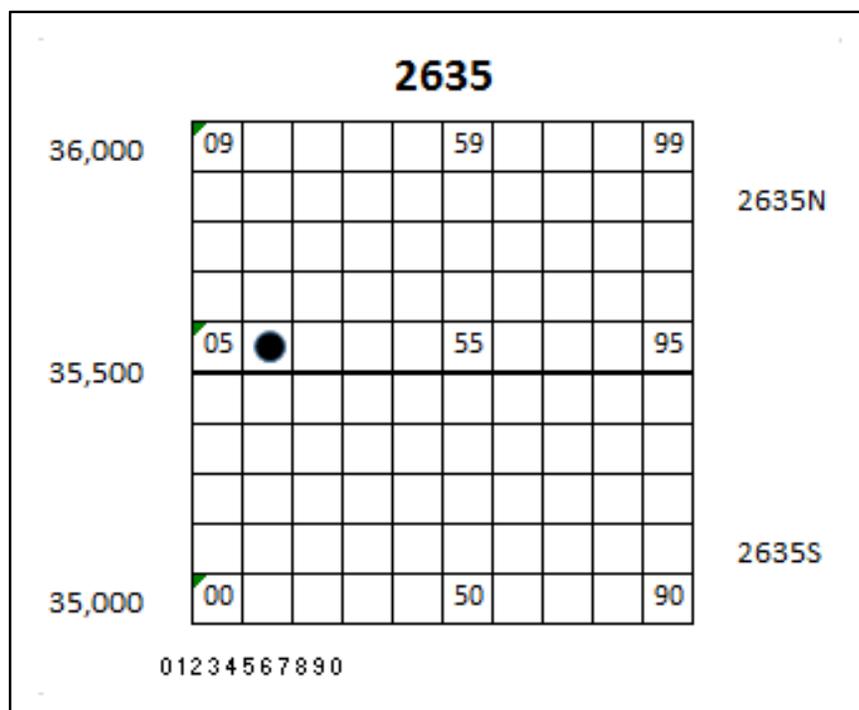
### Nomenclaturas de pozos de visita y cajas de válvulas

El sistema de numeración de los pozos de visita y las cajas de válvulas, es un aspecto fundamental tanto para el Catastro en sí mismo como para el SIG, así como para las posteriores labores de actualización y consulta de los datos.

Es muy importante que cada pozo de visita tenga un "nombre propio único" que permita su inequívoca identificación dentro del SIG. Este nombre se dará mediante una clave, por ejemplo 2635-15-03-D, sin tomar en cuenta los guiones; la clave está integrada con un arreglo de números y una letra mayúscula, que para el uso de alcantarillado es "D", para agua potable "A" y para agua tratada será "T", esto con el fin de evitar la duplicidad de claves numéricas dentro de la base de datos al realizar la captura de la información de los otros sistemas hidráulicos.

Los cuatro primeros números coincidirán con la parte numérica (suprimiendo la letra N o S) de la clave de identificación del plano, escala 1:1,000 que contiene a ese pozo de visita.

Los dos caracteres siguientes corresponden a un subcuadro de 100 x 100 m coincidentes con la cuadrícula de referencia (10,000 m<sup>2</sup>) y que se identifican por el dígito de centenas de la abscisa, seguida por el dígito de las centenas de la ordenada. Así, los subcuadros que se generan, van del 00 al 99, como se puede apreciar en la figura II.7.



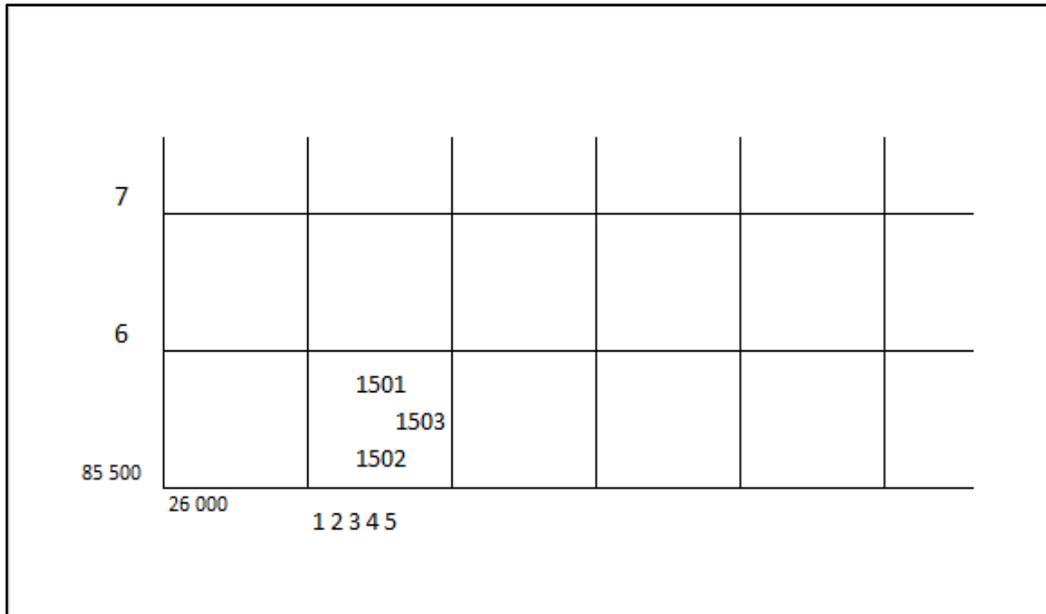
**Figura II.7.** Subcuadro de 100 x 100 m para designación de nomenclaturas en pozos de visita.  
Fuente: CONAGUA, 2003.

La pauta para establecer los últimos dos números de la clave de identificación es la siguiente: serán asignados por el responsable de los trabajos consecutivamente dentro de cada grupo de estructuras siguiendo un orden lógico, por ejemplo, iniciando de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha del cuadrado de 10,000 m<sup>2</sup> o partiendo del centro del subcuadro, en forma

---

---

de espiral hacia los bordes del mismo, ver figura II.8. Por ninguna razón deben existir claves de identificación repetidas dentro del mismo subcuadro de 10,000 m<sup>2</sup>.



**Figura II.8.** Pauta para establecer la clave numérica de pozos de visita. Fuente: CONAGUA, 2003.

En los planos se anotarán los cuatro últimos dígitos de la clave de cada pozo.

Ejemplo para la asignación de la clave de un pozo

2635-15-03-D

Indica que es el pozo 03 del subcuadro 15 en el plano 2635N (ya que el subcuadro 15 corresponde a la hoja norte).

También las cajas de válvulas deberán tener su clave, esta será asignada a manera de ejemplo en la siguiente forma 2635-15-02-P, sin tomar en cuenta los guiones; también se manejará una subclave de la forma 1C2.0, que describe el tipo de piezas existentes en la caja.

Al igual que en el caso de la clave para pozos, a la clave numérica, le complementa una letra para identificar el sistema hidráulico al que pertenece la estructura y de esta manera evitar la duplicidad de claves en la base de datos, y para el caso de cajas de agua potable será una "P" y en el de agua residual tratada será una "T", en caso de que en una estructura se llegarán a presentar los dos tipos de redes, en la base de datos se registrarán por separado los datos de la red de agua potable y los de la red de agua residual tratada.

La construcción de la clave de la caja se hará de manera similar a la descrita para pozos de visita de la red de drenaje, con la salvedad de que, adicional a la clave de la caja de válvulas, se debe

---

---

manejar una subclave de tipo de caja, la cual se conforma de la siguiente manera:

Ejemplo para la clave y subclave de una caja de válvulas

2635-15-02-P/1C2.0

Indica que es la caja de agua potable 02 del subcuadro 15 del plano 2535N (ya que el subcuadro 15 pertenece a la hoja norte) que se encuentra con un crucero formado por una cruz (pieza especial) y que contiene dos válvulas de seccionamiento y ninguna de desfogue.

En los planos sólo se anotarán los cuatro últimos dígitos de la clave y la subclave. Así, en el ejemplo anterior, sólo se anotará 1502/1C2.0, ver figura II.9.

7					
6		1501 2C2.1			
		1502 1C2.0			
		1503 2C2.1			
35 500	26 000				
		1 2 3 4 5			

**Figura II.9.** Pauta para establecer la clave numérica de las cajas de válvulas. Fuente: CONAGUA, 2003.

Además, de acuerdo al tipo de clave que se genere por el arreglo, deberá registrarse su número correspondiente de crucero tipo, el cual se obtendrá del catálogo proporcionado por el Organismo Operador, en el supuesto de que dicho catálogo no exista o el arreglo no se considere como existente dentro del mismo, podría aprovecharse la oportunidad para elaborar el catálogo o actualizarlo, si el Organismo Operador lo considera conveniente.

#### Formatos

Los trabajos de campo que se consideran básicos en cualquier Catastro son:

- Ubicación, nivelación e inspección en el caso de pozos de visita de drenaje.
- Ubicación, nivelación e inspección en el caso de cajas de válvulas.

- 
- 
- Ubicación, nivelación e inspección de algunas estructuras o elementos sobresalientes del sistema hidráulico.

Estas actividades generalmente se efectuarán por varias brigadas y en días diferentes, por lo que pudiera pensarse en tener un formato para cada una de ellas; sin embargo, para evitar el manejo de demasiados papeles que pueden crear confusiones o extravíos, se recomienda manejar sólo tres formatos que concentren la información de esos trabajos básicos y que sirvan para el censo de los pozos de visita, las cajas de válvulas y para las estructuras o elementos especiales, en la figura II.10 se muestra un formato típico.

El formato de cada pozo, caja o estructura especial debe entregarse al Organismo Operador como parte del informe final del estudio y queda a juicio del ejecutor si se entregan los usados por las brigadas de campo u otros en limpio. En ambos casos la información debe ser clara y completa. También queda a su criterio si cada brigada maneja un papel exclusivamente con las preguntas que debe contestar y luego se integran los diferentes papeles; sin embargo es más recomendable que los mismos formatos se llenen paulatinamente por las razones ya expuestas y además porque algunos datos de una actividad previa resultan de utilidad a las subsecuentes.

#### Elaboración del SIG

Debido al gran volumen de información que genera el levantamiento de las redes hidráulicas, es sumamente importante el considerar como parte del proyecto la elaboración de un SIG con la finalidad de obtener un mayor beneficio de la información recopilada y minimizar considerablemente el tiempo empleado en la actualización y generación de planos. Así como elaborar los mismos en escalas y áreas deseadas, integrar al mismo la información referente a los usuarios de los servicios hidráulicos, realizar la modelación de las redes de los sistemas hidráulicos, entre otras ventajas.

Por otra parte, la generación del SIG facilita que tanto las actividades de campo como las de gabinete se vean integradas a metodologías más ágiles y confiables, tanto para la captura como para el análisis de información.

Dentro de los aspectos a considerar para evaluar la elaboración del SIG, uno de los más importantes es el contar con información planimétrica digitalizada, o considerar su elaboración, ya que está es un elemento indispensable en el que se tomará la base geográfica sobre la que se realizarán los restantes diseños.



---

---

De manera similar a las actividades de campo del Catastro de redes, a continuación se enlistan algunas de las actividades más generales que se deberán considerar para la elaboración de un SIG, las mismas deberán ser adaptadas a las necesidades y requerimientos del Organismo Operador:

- a) Elaboración de los instructivos de supervisión y especificaciones técnicas relacionadas, realizar las modificaciones necesarias para las existentes.

Se procederá a elaborar los instructivos correspondientes de supervisión y metodologías del control de elaboración del SIG, así como las especificaciones técnicas que según las necesidades del Organismo Operador normarán al mismo, para lo anterior se tomará en cuenta la totalidad de actividades consideradas para realizar el levantamiento de las redes hidráulicas. Dentro de las especificaciones se debe considerar entre otras cosas, las características de los equipos de cómputo, los lineamientos de envíos y recepción de información, la forma de entrega final de los trabajos, las precisiones a emplear, etc.

- b) Selección de la base cartográfica.

El Organismo Operador deberá proporcionar en medios magnéticos una copia de la base cartográfica actualizada, que será utilizada para el desarrollo de proyecto, o en su defecto proporcionará la normatividad necesaria para que el contratista elabore dicha base cartográfica. La anterior información servirá como base para generar los planos de los sistemas hidráulicos, por lo que dicha información será lo más actualizada posible, ya que sobre ésta se definirá la generación de los índices necesarios para realizar la subdivisión de la zona de trabajo en hojas cartográficas, al igual que la determinación de las precisiones a utilizar, la nomenclatura de calles, la clasificación de los niveles de información, la integración de información ya existente de las redes hidráulicas, entre otras.

- c) Selección de los sistemas de cómputo.

Deberá establecerse una definición de equipos de cómputo y software para ser utilizados, con la finalidad de que no existan problemas de comunicación y compatibilidad entre los sistemas del Organismo Operador y, en su caso la empresa consultora.

Actualmente existe en el mercado una gran variedad de software de dibujo que permite

---

---

la relación automática con una base de datos (AutoCAD, Microstation, ArcInfo, Infomap, etc.) por lo que se puede restringir el uso a un sólo formato de ellos, también debe seleccionar el sistema operativo para evitar los problemas de transferencia (Unix, Dos, Windows XP, etc.), dependiendo de la magnitud de la base de datos que se genera puede seleccionarse la más adecuada a utilizar (Access, Dbase, Informix, Oracle, etc.), el normar la utilización de un determinado equipo y software facilitará en gran manera la realización del trabajo y la compatibilidad entre las dependencias o instituciones involucradas.

d) Diseño de la estructura de archivos gráficos.

El Organismo Operador deberá proporcionar la normatividad para la elaboración de los archivos gráficos, es decir especificar niveles, colores, tipos de líneas, atributos, dimensiones, simbologías, etc., con los cuales se generarán los archivos de redes de agua potable, saneamiento y alcantarillado.

e) Diseño de la estructura de base de datos relacional.

El Organismo Operador deberá proporcionar la estructura de la base de datos asociada a los archivos gráficos que contienen toda la información no gráfica y de atributos.

Las anteriores actividades únicamente considerarán los aspectos más generales, por lo que deberán de ser desarrolladas a tanto detalle cómo se requiera para cada uno de los casos de aplicación. Es importante indicar que la CONAGUA cuenta con un SIG de los servicios hidráulicos que puede ser empleado por los contratistas previa autorización.

#### Diagramas de flujo

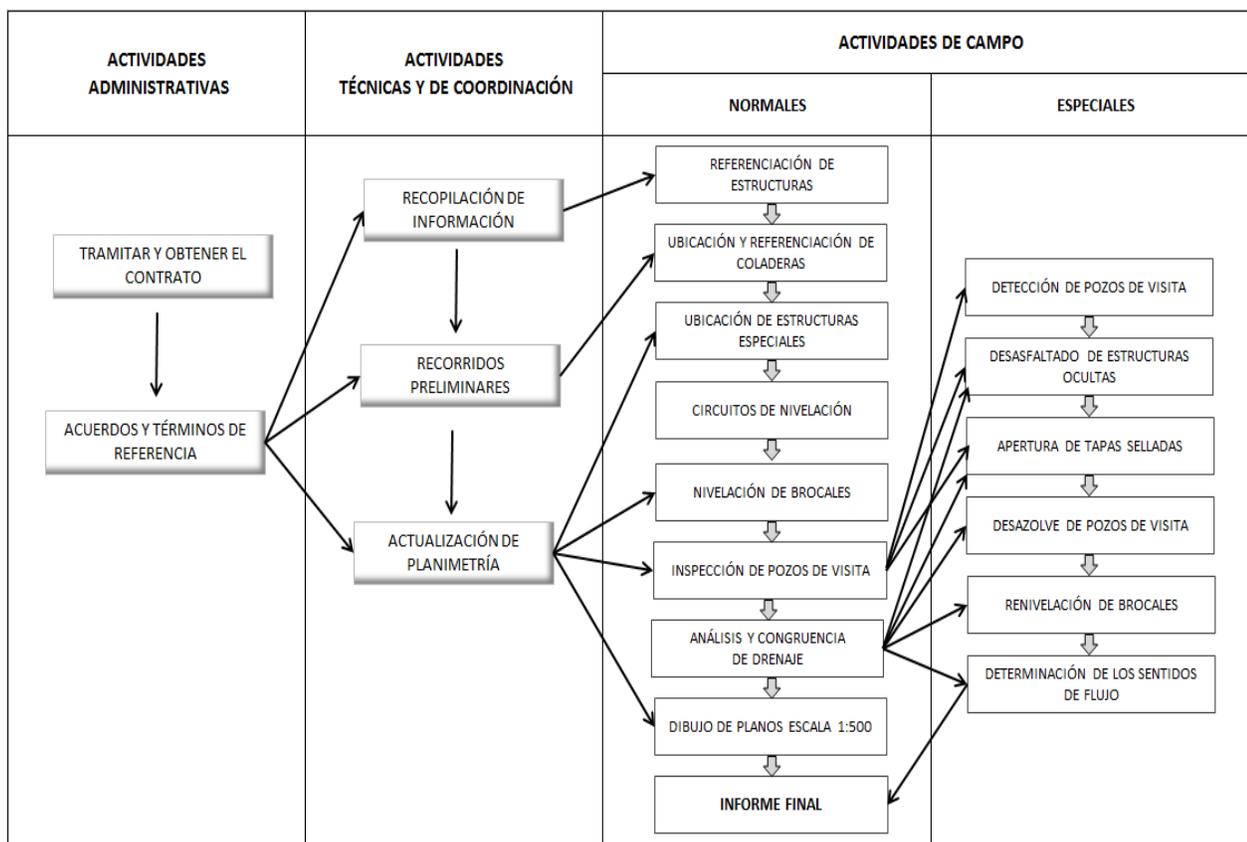
En las figuras II.11, II.12 y II.13 se presentan los diagramas de flujo que engloban las actividades descritas para el Catastro hidráulico tanto de redes de alcantarillado como de agua potable, así como los diagramas de flujo para las principales actividades de campo.

### **II.3. Descripción del procedimiento de sectorización aplicada a una red de abastecimiento de agua potable**

La preservación y conservación de los recursos hidráulicos, el control de los volúmenes que circulan por las redes, la detección oportuna de fugas, el ahorro y buen uso del agua así como la reducción de los volúmenes de agua no facturada forman parte de las problemáticas por

atender por parte de las dependencias responsables y de los organismos operadores.

Para tal efecto la sectorización como tal se convierte en una herramienta eficaz para el control y resolución de estas problemáticas de manera paulatina y gradual.



**Figura II.11.** Diagramas de flujo para el Catastro de redes de alcantarillado. Fuente: CONAGUA, 2003.

El desarrollo de los sistemas de abastecimiento de agua potable requiere mantener continuamente niveles de eficiencia altos para que su operación, mantenimiento y administración sean rentables y sostenibles.

Como consecuencia a estas condiciones se ha desarrollado la ingeniería de la sectorización de redes de distribución de agua potable y la conformación de distritos hidrométricos, con el fin de incrementar la eficiencia hidráulica del sistema y facilitar el manejo, operación y mantenimiento preventivo y/o correctivo de la red misma (figura II.14).

Son varios ya los países que han implementado esta técnica en sus redes, demostrando muy buenos resultados en el manejo adecuado de sus redes hidráulicas (figura II.15).

El beneficio general de una red de agua potable sectorizada es disponer de una estructura que pueda ser observada y controlada confiablemente, con el fin de otorgar un servicio más eficiente y efectivo a la comunidad, independientemente de la magnitud de la ciudad.

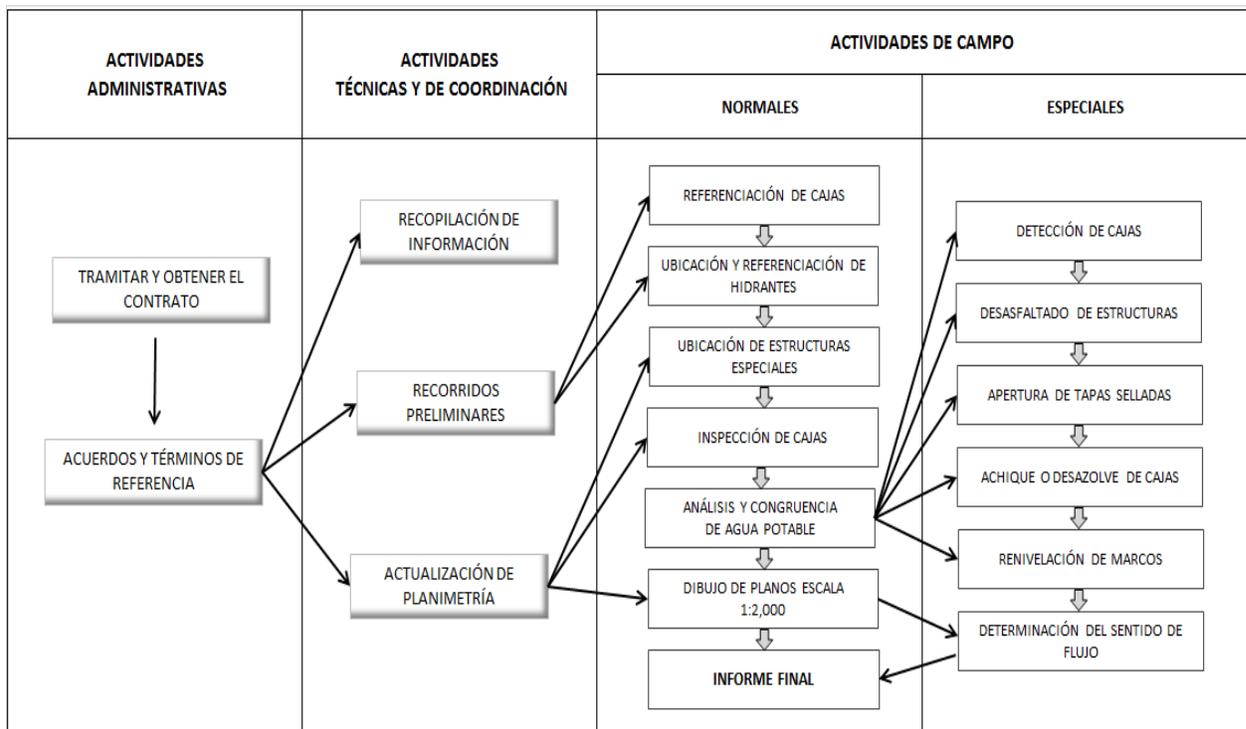


Figura II.12. Diagramas de flujo para el Catastro de redes de agua potable. Fuente: CONAGUA, 2003.

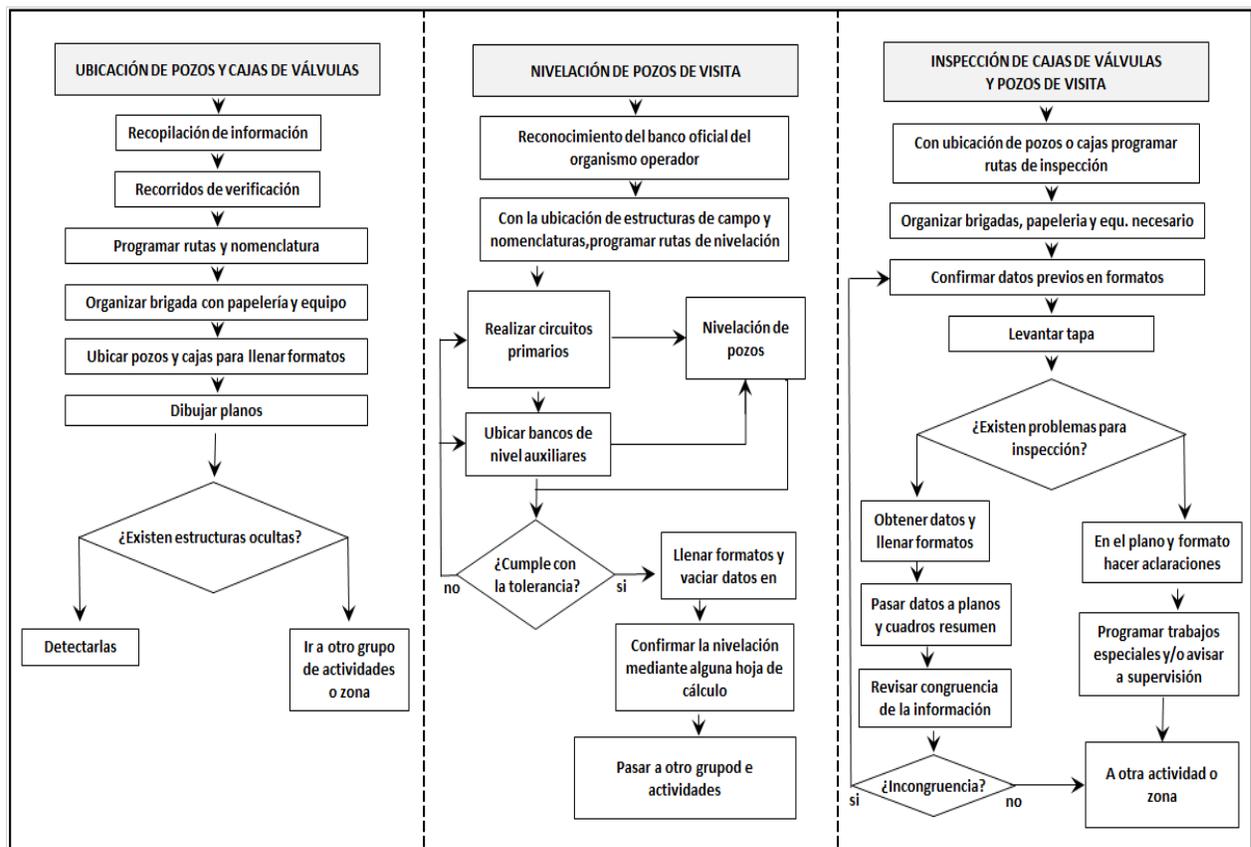


Figura II.13. Diagramas de flujo para las tres principales actividades en el Catastro de redes hidráulicas. Fuente: CONAGUA, 2003.



---

---

Aun cuando la sectorización está reconocida en la experiencia internacional como la estrategia de control más exitosa y aceptada, su implementación está determinada por los siguientes factores:

- Análisis del balance de agua del sistema de abastecimiento.
- Selección del área a sectorizar y regulación de micromedición.
- Levantamiento del Catastro de infraestructura hidráulica.
- Formulación del anteproyecto del sector hidrométrico.
- Formulación de memoria técnica del área seleccionada.
- Formulación de memoria de perfil comercial del sector hidrométrico.
- Formulación del proyecto ejecutivo del sector hidrométrico.
- Campaña de difusión de proyecto a usuarios.
- Ejecución del proyecto del sector hidrométrico.
- Monitoreo inicial del sector hidrométrico.
- Puesta en operación del sector hidrométrico.
- Formulación del programa de fugas y clandestinaje.
- Análisis costo – beneficio del sector hidrométrico.
- Monitoreo de revisión del sector hidrométrico.

Y siendo un proceso especializado que demanda altas exigencias de preparación técnica y trabajos de campo requiere de:

- Personal altamente calificado y comprometido.
- Modelos matemáticos.
- Participación activa de todas las áreas del Organismo Operador.

Como lo mencionamos anteriormente, los sistemas hidráulicos de las áreas urbanas en particular tratándose de redes de agua potable, son muy dinámicos, por lo que resulta difícil tener un registro exacto y actualizado de sus diversos componentes.

Entre otros factores que complican su inventario, se pueden mencionar las diferentes épocas en que fueron construidos sus distintos elementos, las continuas modificaciones a los proyectos de redes por dificultades constructivas o reparaciones posteriores que no pueden ser registradas en planos y las partes de la red construidas por los propios habitantes en la mayoría de los casos sin fundamentos y sin dejar ninguna constancia en planos.

Por ende debe entenderse a la sectorización como un proceso a desarrollar en un periodo de tiempo vinculado estrechamente a las áreas del Organismo Operador y no como una solución inmediata a todos los problemas antes mencionados (figura II.16).

**La sectorización... un paradigma**

Incorrecto	Correcto
Se vende como una solución a corto plazo.	Es un proceso con resultados a mediano y largo plazo y debe ser sistemático y sostenido.
Es una solución total para afrontar los problemas de ciudades con déficit de agua.	Es una herramienta para optimizar el uso del agua y la energía eléctrica, que mejora la eficiencia operativa y distribuye el recurso hídrico con equidad.
La sectorización es independiente de los demás procesos de un organismo operador.	El método de sectorización está intrínsecamente vinculado a todas las áreas del organismo operador.

*Figura II.16. La sectorización... un paradigma. Fuente: Rodríguez, 2013.*

De esta manera, podemos definir a la sectorización como la división de la red de distribución de agua potable en sectores hidrométricos (distritos), definidos a partir de la red primaria que pueden aislarse hidráulicamente del resto de la red con movimientos de válvulas de seccionamiento.

Se utiliza entre otras cosas, para precisar un diagnóstico, detectar fugas, facilitar su eliminación y optimizar el control de pérdidas del agua.

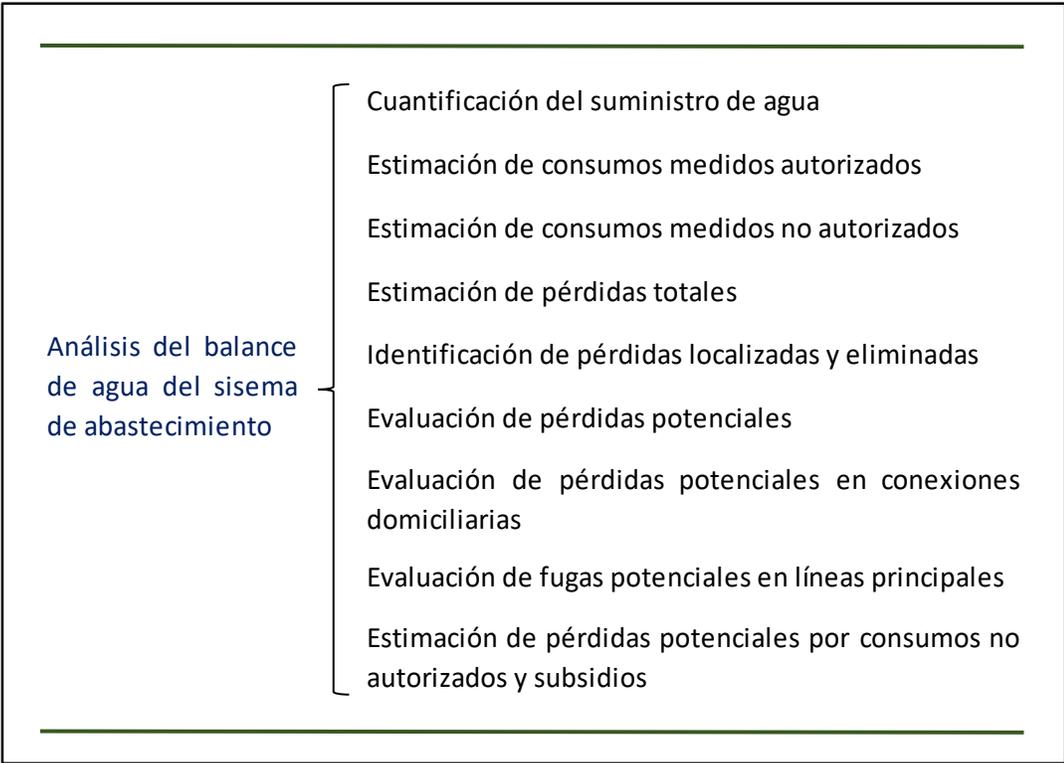
En virtud de lo anterior, el proceso de sectorización de una red de agua potable generalmente está sujeto a la siguiente secuencia de procedimiento mostrada en la figura II.17.

#### Estudios

En esta etapa se debe de contar con toda la información requerida que permita la evaluación de las pérdidas del sistema de abastecimiento y de ser posible, el costo que representan para el Organismo Operador (figura II.18).



**Figura II.17.** Procedimiento de sectorización. Fuente: Martínez, 2003.



**Figura II.18.** Análisis del balance de agua. Fuente: Martínez, 2003.

A continuación se debe decidir el área a sectorizar (ya sea todo el sistema o un sector piloto), considerando la topografía y área de influencia de estructuras especiales (tanques de almacenamiento y plantas de bombeo y rebombeo), así como la geometría de la red y políticas de operación (figura II.19). Para tener claro este punto es recomendable realizar visitas técnicas las cuales nos ayudarán a identificar puntos de interés como lo son: puntos de seccionamiento, entradas y salidas, puntos de posible regulación, cruces importantes, localización de infraestructura importante y determinación de información faltante.

Para continuar con este proceso se requiere del levantamiento del Catastro de la red de distribución en estudio, sus accesorios y la infraestructura asociada al sector.

Tal información es vital ya que en la confiabilidad de ésta se basa la técnica de simulación de la red hidráulica.

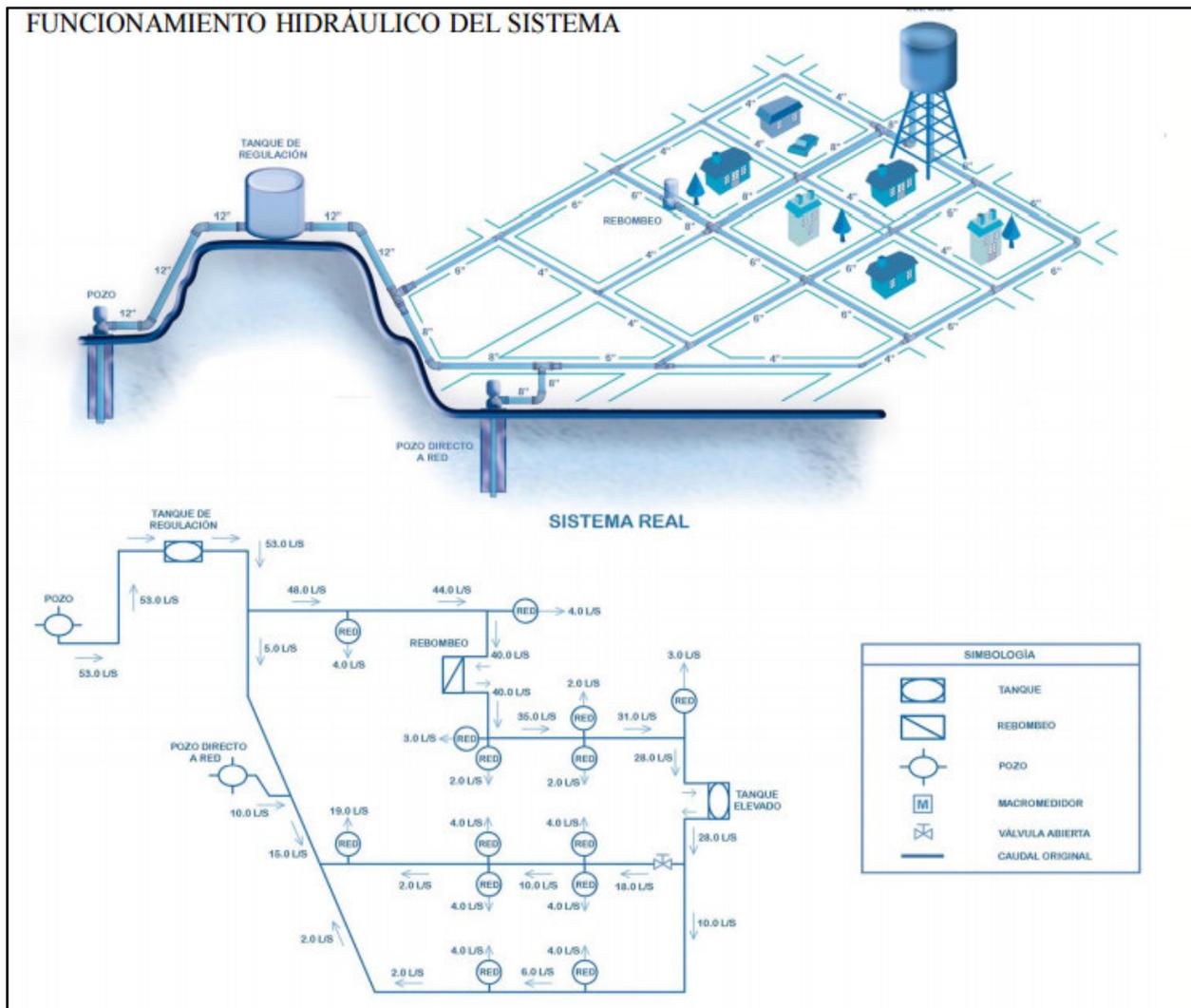


Figura II.19. Funcionamiento hidráulico de un sistema. Fuente: Ochoa, 2014.

---

---

## Proyecto

La formulación del anteproyecto del sector hidrométrico se obtiene a partir de los datos de distribución poblacional, de los archivos digitales o planos catastrales y de la geometría de la red de distribución de agua potable.

Esta propuesta deberá considerar situaciones de emergencia (figura II.20), como son labores de mantenimiento, fallas, fugas, etc., de tal manera que sea posible abastecer parcial o totalmente al sector afectado con una fuente de abastecimiento, aun cuando no sea posible asegurar el gasto, presión y continuidad en el servicio.



**Figura II.20.** Fuga ocasionada por una toma clandestina. Fuente: PSC, 2013.

Este sector hidrométrico debe considerar:

- Tener el menor número de entradas y salidas.
- Siempre que sea posible hacer coincidir los límites del sector con divisiones naturales como son grandes avenidas, líneas férreas, carreteras, ríos, etc.
- Estar en una misma zona de presión con respecto a los demás.

Bajo estas condiciones se propondrá y se simulará una geometría del sector para condiciones actuales y se enriquecerá con mediciones de presión realizadas en algunos nodos estratégicos pertenecientes al mismo.

---

---

Una vez obtenidos estos resultados se analizará si es necesario modificar las válvulas del límite de sector y si se requiere de válvulas adicionales para asegurar su aislamiento.

También se revisará que la presión al interior del sector sea suficiente para brindar un buen servicio a los usuarios sin que propicie daños a la red ocasionando fugas (figura II.21).



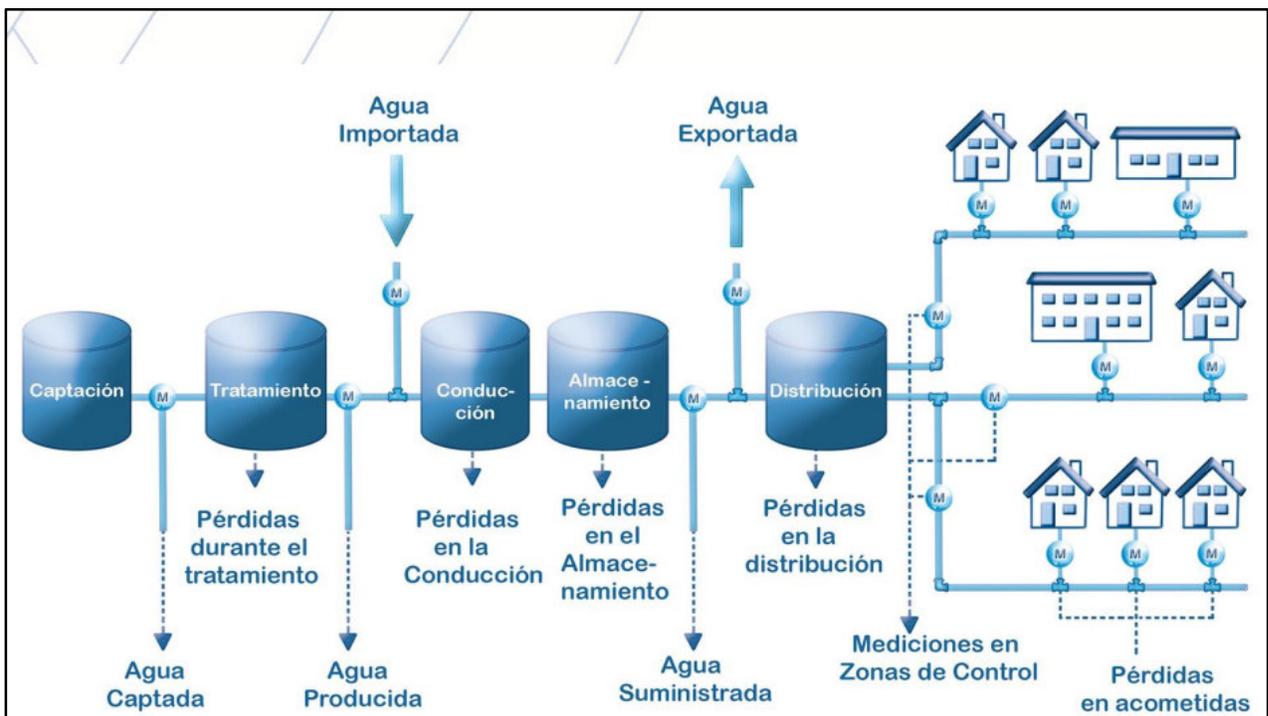
**Figura II.21.** Medición de presión en tuberías. Fuente: Martínez, 2003.

La formulación de la memoria técnica del sector hidrométrico debe contener los planos actualizados de la red de distribución (diámetros, longitudes, materiales y áreas de cobertura), así como la descripción de la infraestructura asociada a la red (tanques, cruceros, rebombeos, pozos, etc.).

En esta se deben definir los nodos en donde el sector se alimenta de la red primaria y el volumen de consumo de agua en bloque para el sector y proponer una descripción de los movimientos operativos (manejo de válvulas).

La formulación del perfil comercial del sector hidrométrico es de los puntos más importantes a considerar ya que esta nos debe describir la población y tipo de usuarios con precisión.

En algunos casos cuando la incertidumbre de esta información disponible es amplia es necesario levantar un censo que nos permita tener datos reales y actualizados de la población (número de viviendas, número de habitantes, uso del predio, número de tomas por predio, diámetros, estado físico de tomas y medidor, etc.), figura II.22.



**Figura II.22.** Balance hídrico de un sistema. Fuente: Ochoa, 2014.

La integración del proyecto ejecutivo debe incluir los planos del sector con su red bien definida, posición, tipo de cruceros y registros (figura II.23).

Los planos a detalle de cajas de registro tipo para válvulas de regulación.

Catálogo de conceptos, especificaciones y un manual de operación del sector hidrométrico. En este manual debe contener la descripción de la red de distribución, la operación sugerida del sector, bitácora y programa de mantenimiento de accesorios y referencias de consulta técnica (fabricantes, proyectistas, etc.).

Con base en la propuesta de sectorización aprobada por el Organismo Operador, se proyectarán las acciones, obras y modificaciones a la red requeridas para establecer sectores hidrométricos, para posteriormente llevar a cabo los trabajos de recuperación de caudales.

Se considerarán todas las válvulas de seccionamiento existentes, las nuevas propuestas y de control en caso de ser necesario.

Se localizarán las líneas de entrada y salida y los puntos donde se instalarán las estaciones de aforo teniendo toda esta información técnica y debidamente documentada.

La campaña de difusión del proyecto a usuarios debe apoyar los objetivos de este, brindando información sobre los beneficios del mismo y siempre evitando confusiones que puedan provocar la oposición vecinal.



- 
- 
- Rastrear e identificar físicamente los puntos de alimentación del sector y verificar con el Organismo Operador si estos podrán cerrarse sin afectaciones a otras zonas.
  - Identificar todas las obras adicionales o de interferencia con el fin de no dañarlas y respetar el proyecto ejecutivo en cuanto a obras de desvío o inducidas se refiere.
  - Generar planos respectivos una vez concluida la obra, con la finalidad de llevar un control de los sectores habilitados.



**Figura II.24.** Inconvenientes por las obras y modificaciones a la red para establecer sectores hidrométricos.  
Fuente: [http://www.milenio.com/df/san\\_bartolo\\_ameyalco-obras\\_ameyalco-red\\_hidraulica\\_san\\_bartolo-agua\\_ameyalco\\_0\\_343765735.html](http://www.milenio.com/df/san_bartolo_ameyalco-obras_ameyalco-red_hidraulica_san_bartolo-agua_ameyalco_0_343765735.html). [Consulta: 29 julio 2016].

#### Monitoreo inicial del sector hidrométrico

Consiste en medir el flujo del sector ya sea con equipo permanente (si se instaló previamente) o con equipo portátil (medidores ultrasónicos), en la entrada del suministro y simultáneamente se medirá la presión y gastos en otros tres nodos interiores ubicados estratégicamente por un período corto de tiempo (una semana).

Esta actividad permitirá obtener información de la demanda en condiciones actuales, para que una vez realizada la eliminación de fugas y clandestinaje se tenga un punto de comparación del gasto suministrado (figura II.26).



**Figura II.25.** Obras de rehabilitación de una red de agua potable. Fuente: <http://www.jornada.unam.mx/2015/02/27/capital/040n2cap>. [Consulta: 29 julio 2016].



**Figura II.26.** Medición de presión y gasto en tuberías. Fuente: Martínez, 2003.



Para la Ciudad de México en el año 2004 se inició con el proyecto de sectorización de la red, el cual está activo en la actualidad como una respuesta al notable incremento de la longitud de la red de agua potable durante los últimos años, lo cual dificulta su mantenimiento y operación provocando, entre otras deficiencias, variaciones de presión en diferentes puntos de la ciudad. La sectorización contempla la división de la red de distribución de agua potable en 336 sectores de la red secundaria, aún en proceso, agrupados en 7 macrosectores que han sido concluidos (figura II.28), considerando el desarrollo de 103 estaciones de medición de flujo de transferencias de la red primaria y la instalación del mismo número de medidores de flujo electromagnéticos y ultrasónicos que permitirán conocer los caudales suministrados a cada delegación.



**Figura II.28.** División de la Ciudad de México en macrosectores. Fuente: SACMEX, 2012.

Como lo indica el cuadro II.2, los 7 macrosectores corresponden a las siguientes delegaciones:

Macrosector	Delegaciones
I	Gustavo A. Madero y Azcapotzalco.
II	Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc y Venustiano Carranza.
III	Cuajimalpa, Álvaro Obregón y Magdalena Contreras.
IV	Coyoacán, Benito Juárez e Iztacalco.
V	Iztapalapa.
VI	Tlalpan.
VII	Tláhuac, Xochimilco y Milpa Alta.

**Cuadro II.2.** División de las delegaciones de la Ciudad de México en macrosectores. Fuente: PSC, 2013.

Cada sector puede ser estudiado mediante estaciones de medición de caudal y de presión, con el fin de conocer su balance hidráulico y optimizar su comportamiento, lo que permite gestionar las presiones que están relacionadas directamente con los índices de fuga; otras importantes ventajas que se ven reflejadas son la distribución más homogénea y eficiente de los caudales, la continuidad en el abasto del recurso, el aumento de la efectividad de las reparaciones y la prolongación de la vida útil de las tuberías de la red.

El desarrollo de este complejo proyecto de sectorización, una vez concluido en su totalidad, permitirá reducir considerablemente las pérdidas generadas durante la distribución del agua y potenciará el aprovechamiento del recurso a nivel macro, en beneficio de los habitantes de la Ciudad de México.

Como conclusión a este subtema debemos tomar en cuenta que para que la sectorización funcione y cumpla sus objetivos definidos anteriormente, es recomendable:

- Involucrar a todas las áreas del Organismo Operador.
- Garantizar la continuación de este proceso independientemente de algún cambio de administración.
- La Federación y los estados deben privilegiar y apoyar los procesos de sectorización. Quienes opten por este proceso ahora tendrán una ventaja competitiva en el futuro respecto a aquellos que decidan esperar.
- El agua es un recurso cada vez más escaso y la sectorización coadyuva a su uso eficiente y hacer más equitativa su distribución, entre los ciudadanos, mejorando el nivel de vida.

---

---

## **II.4. Características y uso de los sistemas de información geográfica aplicados a redes de distribución de agua potable**

El estudio de una red de distribución de agua potable, tanto para conocer su comportamiento hidráulico, como para ejercer una gestión eficaz de los recursos que la componen, exige el manejo de una importante cantidad de información. Esta información posee distinta naturaleza, aunque podría ser agrupada en tres grandes grupos según la misma y el uso a que será sometida: información física de los elementos de la red, información económica del sistema de abastecimiento e información espacial sobre la ubicación de los anteriores.

Comúnmente esta información se ha guardado en distintos formatos. La información sobre los elementos de la red (diámetros, longitudes, fechas de puesta en operación, proveedores, etc.) quedaba guardada en planos de obra o pequeñas bases de datos de inventario. La información económica se almacenaba en bases de datos registrando todo lo relativo a los suministros, consumos, direcciones, fechas de alta y otros datos necesarios para una correcta gestión económica del abastecimiento. Por último, la información espacial se encontraba dispersa en distintos planos topográficos donde aparecían las curvas de nivel del área geográfica abastecida, la ubicación de las tuberías principales y el trazo de los conductos de distribución, en muchas ocasiones sin actualizar y realizados a mano. En cualquier caso, rara vez existía conexión entre estos tres sistemas de información.

Sin embargo, hoy en día es cada vez más frecuente la necesidad de ligar la información sobre las infraestructuras con la económica y ambas a su vez con la componente espacial. Esto es posible gracias a la implantación de un adecuado SIG. Este sistema permite no sólo relacionar datos de carácter geográfico o espacial con otros datos alfanuméricos, sino también actualizar de una manera sencilla los datos contenidos.

En la actualidad, los SIG están llamados a ser en un futuro cercano, los sistemas de gestión de toda la información relacionada con la operación de las redes de suministro de agua potable. La unión de la información alfanumérica con la información geográfica dentro de un SIG permite llevar a cabo un buen número de aplicaciones como son: las tareas de inventario, obtención de planos, gestión de averías, gestión de la demanda, actuaciones de mantenimiento, etc.

### Definición y evolución

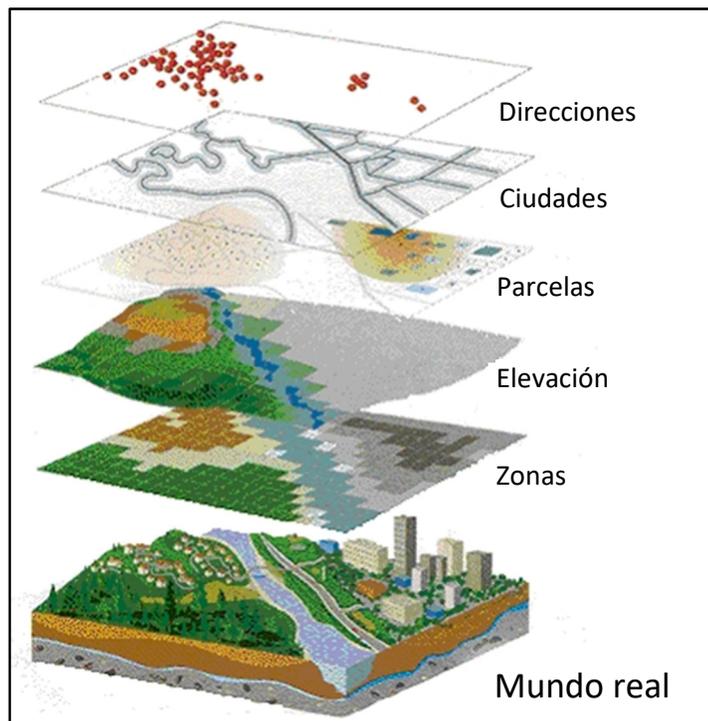
Existen múltiples definiciones sobre qué es un SIG, resaltándose principalmente dos de sus

---

---

características básicas:

- Un SIG es un sistema gestor de bases de datos, y como tal, debe tener todas las herramientas que poseen las bases de datos convencionales. Pero además de aquéllas, debe poseer igualmente herramientas específicas de gestión de base de datos ordenadas geográficamente (es decir, georeferenciadas).
- Un SIG almacena y relaciona datos espaciales (posición o localización) con datos temáticos (atributos alfanuméricos) distribuidos en *capas* o *coberturas*. En la figura II.29 se muestra la organización de la información temática en capas.



**Figura II.29.** Representación de la realidad en un SIG mediante capas de información temática.  
Fuente: Álvarez, 2008.

Un SIG está orientado al manejo de información considerando la componente espacial y puede ser comprendido desde distintos puntos de vista y objetivos, estableciéndose para el presente trabajo como (Arias, 2002):

“Sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión”.

En Martínez (2002) se establecen tres niveles en la evolución tecnológica de los SIG:

- Aquel que aborda la solución SIG, combinando las herramientas de representación

---

---

gráfica de un programa de diseño asistido por computadora (CAD) con un sistema gestor de bases de datos (SGBD) estándar. Es sin duda la opción más antigua y correspondería a un programa como AutoCAD o Microstation, que permiten establecer vínculos entre la información gráfica y gestores como MS Access u Oracle.

- SIG de sobremesa. Constituyen la evolución de los anteriores e incorporan a la solución anterior cierta capacidad de personalización de aplicaciones a través de algún lenguaje de programación. Incluye también algunas herramientas típicas de un SIG, especialmente relacionadas con la gestión de los datos espaciales. Es el caso de AutoCAD Map o Geomedia (procedentes, respectivamente, de AutoCAD y Microstation).
- SIG Corporativo. Este tipo de sistemas están diseñados prácticamente a medida para cada aplicación y permiten el trabajo en red y la gestión de grandes bases de datos. Las bases de datos suelen ser propias para permitir gestionar el acceso de múltiples usuarios, aunque también permiten utilizar bases de datos estándar con extensiones para manejar datos espaciales. Es el caso de ArcInfo o Smallworld.

Es así que desde su aparición a principios de la década de 1960, los SIG se han utilizado de una manera bastante extensa para la gestión de infraestructuras urbanas, siendo en la actualidad la tendencia hacia la especialización; así pues, existen programas SIG especializados en la toma y representación de datos, SIG exclusivamente de análisis espacial, SIG para la gestión, servidores de mapas a través de internet, SIG enfocado al manejo de redes (eléctricas, de gas, de abastecimiento de agua y saneamiento, etc.). Con todo ello, podemos asegurar que los SIG han logrado ocupar una posición importante dentro de lo que hoy en día se denomina sociedad de la información, si se tiene en cuenta el gran número de programas SIG o relacionados existentes en el mercado.

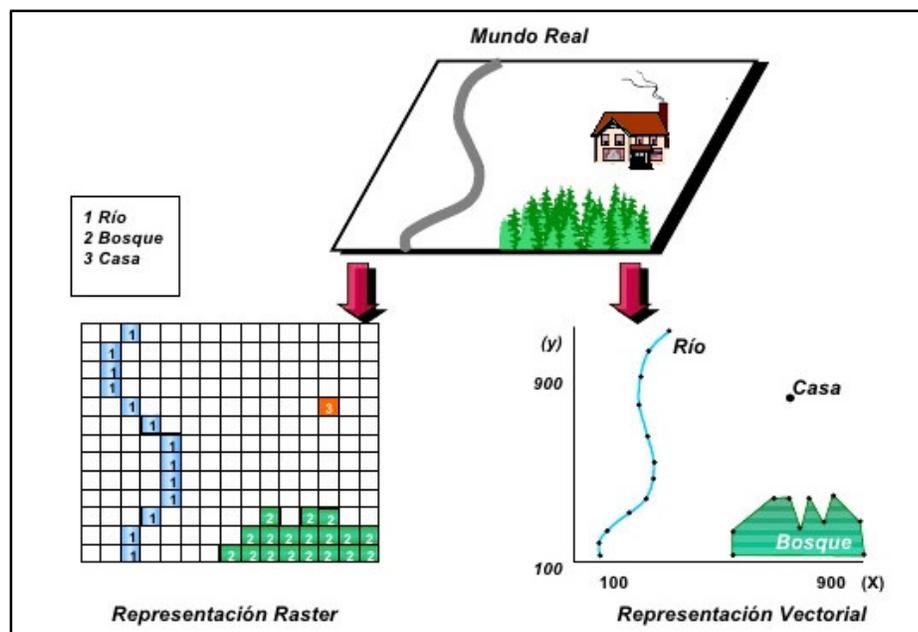
### Modelos de representación

Las diferentes representaciones espaciales de los datos geográficos en forma digital pueden clasificarse en dos modelos básicos: el modelo vectorial y el modelo raster o matricial (también llamado modelo grid).

Los SIG vectoriales son recomendables cuando se requieren salidas gráficas de alta calidad y gran precisión en la medida de áreas y distancias, como es el caso de la generación de cartografía, obras públicas o gestión catastral. Igualmente, en el caso de modelos de análisis de

redes (modelos de simulación y optimización de redes de distribución de agua para riego, modelos de distribución de agua en sistemas hidrológicos, etc.), es más eficiente la estructura vectorial, ya que de esta forma queda perfectamente descrita la topología de la red.

Por su parte, el SIG raster está más orientado hacia la construcción de modelos distribuidos de alta variabilidad y donde la precisión de las dimensiones de los elementos espaciales no es tan importante. Este es el caso de modelos hidrológicos, para los que el SIG raster incorpora funciones eficientes de generación de mapas de orientaciones, elevaciones, redes de drenaje, etc. En este tipo de modelos es frecuente realizar operaciones de superposición de diferentes mapas temáticos (pendientes, longitud de pendiente, cubierta vegetal o erosionabilidad del suelo). En la figura II.30 se muestran esquemáticamente las formas de representación vectorial y raster, mientras que en el cuadro II.3 se presenta un resumen de las ventajas y desventajas de ambos modelos.



**Figura II.30.** Representación vectorial y raster de la información del mundo real en un SIG.  
Fuente: <http://es.slideshare.net/ErnestoEspiga/que-es-sig-25175496>.  
[Consulta: 30 julio 2016]

### Características de los SIG

Los SIG se estructuran en diferentes conjuntos de información:

- Mapas interactivos, proporcionan una visión interactiva de la información geográfica que permite dar respuesta a cuestiones concretas, y presentar un resultado de dichas respuestas. Los mapas proporcionan al usuario las herramientas necesarias para

interactuar con la información geográfica.

- Datos geográficos, en la base de datos se incluye información vectorial y raster, modelos digitales del terreno, redes lineales, información procedente de estudios topográficos, topologías y atributos.
- Modelos de geoprocésamiento, son flujos de procesos y operaciones de tratamiento de la información espacial, que permiten automatizar tareas que se repiten con frecuencia, pudiendo enlazar unos modelos con otros.
- Modelos de datos, la información geográfica en la base de datos geográfica, es algo más que un conjunto de tablas almacenadas en un SGBD. Incorpora, al igual que otros sistemas de información, reglas de comportamiento e integridad de la información. Tanto el esquema, como el comportamiento y las reglas de integridad de la información geográfica juegan un papel fundamental en un SIG.
- Metadatos, son los datos que describen la información geográfica, facilitando información como propietario, formato, sistema de coordenadas, extensión, etc. Un catálogo de metadatos permite al usuario organizar, realizar búsquedas y acceder a información geográfica compartida. Cualquier catálogo de metadatos debe tener herramientas disponibles para generar, editar y sincronizarse de forma automática con la información que describen.

<i>GIS Raster</i>	<i>GIS Vectorial</i>
<b>Ventajas:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estructura de datos simple</li> <li>2. Fácil superposición de capas y cálculos</li> <li>3. Adecuado para gran variabilidad espacial (p.ej. Modelos de elevación digital)</li> <li>4. Adecuado para escaneo, software de análisis de imagen y teledetección</li> </ol>	<b>Ventajas:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estructura de datos compacta</li> <li>2. Eficiente codificación espacial de datos</li> <li>3. Potente análisis espacial, propio de aplicaciones de redes</li> <li>4. Salida gráfica de alta calidad</li> </ol>
<b>Desventajas:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estructura de datos que consume almacenamiento, a una resolución fija</li> <li>2. Pérdidas de información a cualquier resolución</li> <li>3. Dificultades con relaciones topográficas entre los datos</li> <li>4. Cualquier transformación de datos debe aplicarse a cada celda</li> </ol>	<b>Desventajas:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estructura de datos compleja</li> <li>2. No apropiada para descripción del terreno o superficies continuas</li> <li>3. Operaciones algebraicas espaciales difíciles, como superposición de capas</li> <li>4. Software caro en general</li> <li>5. Manipulación de la imagen difícil en modelo vectorial</li> </ol>

**Cuadro II.3.** Comparación de los modelos raster y vectorial de un SIG. Fuente: Martínez, 2002.

---

---

## Funciones analíticas de un SIG

Las funciones analíticas son el elemento más característico de un SIG. Facilitan el procesamiento de los datos almacenados en el propio sistema de modo que sea posible generar nueva información como resultado de consultas, que ayuden en la toma de decisiones. Un SIG permite que información procedente de diversas fuentes sea convertida a un formato común para su posterior análisis. Es lo que se denomina integración de la información. Algunas de las capacidades de análisis que presentan estos sistemas son (Bartolín, 2013):

- Consultas a la base de datos.
- Análisis espaciales (distancias, longitudes, perímetros, superficies, proximidad, trayectos, etc.).
- Georeferenciación y geocodificación.
- Análisis de redes (distancias y recorridos mínimos a través de una red, rutas, accesibilidad, etc.).
- Análisis estadísticos de variables temáticas (patrones de comportamiento, tendencias y evolución de datos).
- Modelado cartográfico.
- Superposición de mapas (coberturas o temas diversos).
- Análisis de modelos digitales del terreno (pendientes, visibilidad, relieve, orientación, cuencas de drenaje, etc.).

Los SIG también poseen la capacidad de generar mapas temáticos que muestran de manera muy ilustrativa e intuitiva los resultados de las distintas operaciones realizadas con los datos almacenados en la base de datos. La mayoría de aplicaciones SIG permiten la generación de gráficos, tablas de atributos, mapas clasificados por temas, curvas de nivel, etc. y además permiten la salida a impresoras, trazadores, vídeo, internet, intranet, etc.

## Utilización de los SIG en las redes de distribución de agua potable

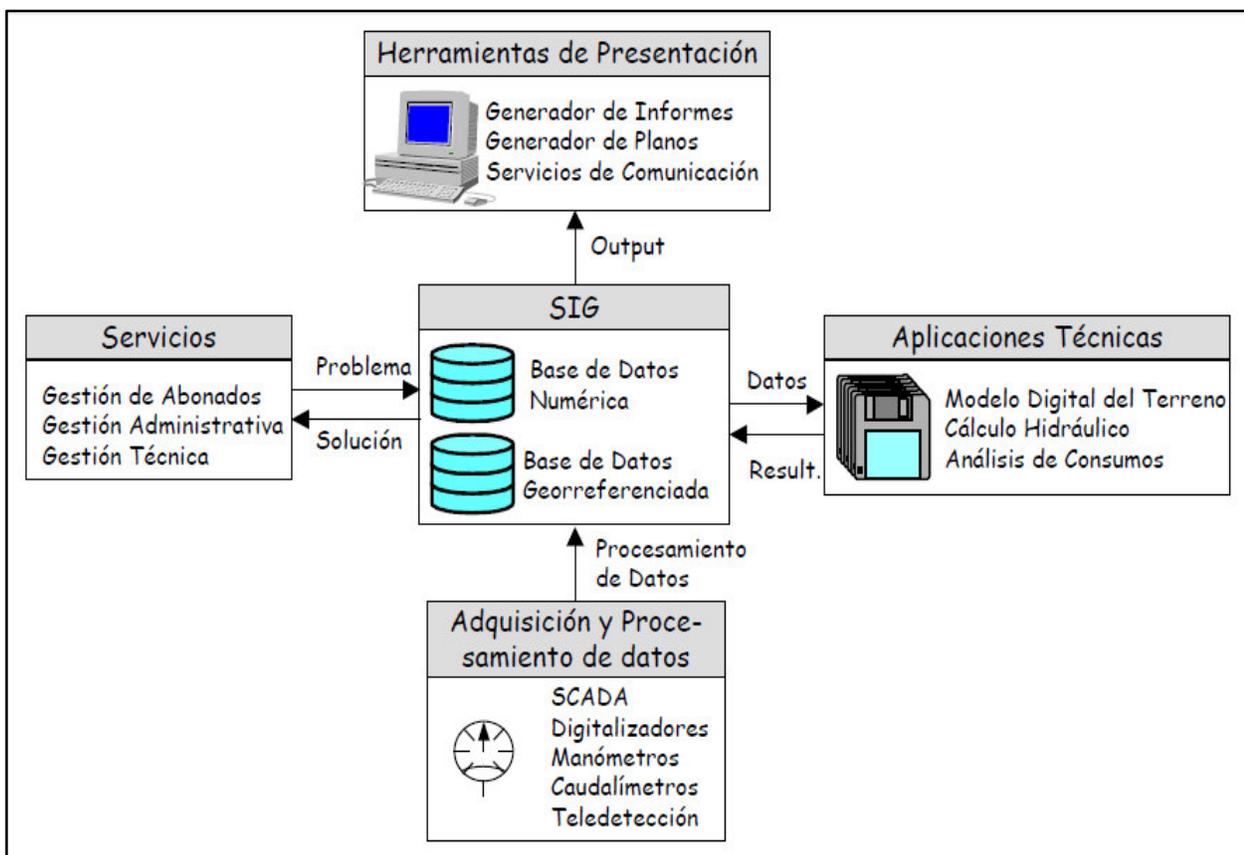
El proceso de modernización y actualización de un sistema de abastecimiento de agua potable, obedece a cuatro necesidades básicas:

- Cumplimiento de estándares de calidad del servicio.
- Mejora de la eficiencia en la gestión del recurso agua.

- Mejora de la eficacia en la gestión económica y financiera.
- Mejora de la eficiencia en la atención al usuario.

Un problema para satisfacer las necesidades anteriores viene derivada del hecho de que en gran parte de los abastecimientos no se tiene un conocimiento adecuado del mismo y es evidente que no se puede gestionar bien lo que no se conoce.

Como ya se comentó previamente la aparición de los SIG ha abierto la posibilidad de relacionar la información económica y física de la red con la componente espacial o geográfica; además, permite la comunicación de este sistema con otros, básicamente como proveedor de datos para herramientas externas. Probablemente es esta última funcionalidad la que hace que el SIG se llegue a convertir en la pieza central en la gestión de un abastecimiento. En la figura II.31 se muestra la estructura general que tiene un SIG destinado a la gestión integral de un abastecimiento de agua.



**Figura II.31.** Esquema de un SIG utilizado para la gestión de un abastecimiento de agua potable.  
Fuente: Martínez, 2002.

Este sistema servirá de proveedor de soluciones a los problemas planteados durante la gestión

---

---

del abastecimiento. En función de los problemas planteados o de los objetivos que se pretendan cumplir, es conveniente estructurar la gestión del abastecimiento en tres áreas principales:

- Gestión de usuarios (abonados). Se encarga del seguimiento de todos los aspectos de la gestión relacionados con los usuarios. Incluye el alta y la contratación, facturación, bajas, reclamaciones, avisos y cualquier otra contingencia que pueda afectar al servicio del usuario. Ese servicio tendrá acceso ilimitado a la base de datos de usuarios.
- Gestión administrativa. Sea cual sea el sistema de gestión de un abastecimiento, éste debe estar sometido a un control financiero. La información económica y financiera del abastecimiento es fundamental para su gestión. Son funciones de este servicio el control de los recursos humanos y financieros. Debe disponer por tanto de toda la información económica tanto de los usuarios como de la propia red.
- Gestión técnica. Este último servicio será el encargado de gestionar toda la información relacionada con la red de distribución, desde los puntos de producción hasta las acometidas. Se encargará del seguimiento de todos los elementos de la red a lo largo de toda su vida útil.

Para ayudar a cada uno de estos servicios, el SIG debe tener una serie de herramientas de captación, organización, manipulación y presentación de los datos. Siguiendo el flujo de los datos, el primer paso consistirá en ser captados por el SIG. En unos casos se hará una introducción masiva de datos de forma manual a través de formularios de edición, pero en otros casos se recurrirá a herramientas más sofisticadas, como digitalizadores, SCADA (del inglés Supervisory Control And Data Acquisition), teledetección y telemedida.

A continuación, los datos pueden ser manipulados por el propio SIG o bien enviados a las herramientas externas creadas para su manipulación. Entre estas herramientas se pueden mencionar la creación de modelos, encargada de simplificar la red hasta un nivel adecuado al uso que se vaya a hacer del modelo, y el simulador hidráulico que debe calcular presiones y caudales en nudos y líneas, respectivamente. Otras herramientas que pueden resultar útiles en la gestión técnica de un abastecimiento son los modelos digitales del terreno o un estudio de las demandas de agua. El SIG ha de ser capaz de recibir, procesar y almacenar los resultados proporcionados por otras herramientas.

Por último, el SIG debe proporcionar una interfaz de usuario sencilla de utilizar y con

---

---

funcionalidades para la presentación de planos, mapas temáticos e informes. Además de su carácter estético que esta necesidad tiene en muchas ocasiones, una interfaz útil y manejable se convierte en muchas ocasiones en el mejor aliado del gestor que pretende implantar una tecnología innovadora como es el caso del SIG.

Es así como las aplicaciones de los SIG en el ámbito de las redes de distribución de agua y más en concreto en su gestión diaria, son múltiples; destacándose las siguientes:

- Gestión de inventario.
- Gestión de averías y mejoras.
- Gestión de abonados.
- Gestión lecturas de contador.
- Gestión datos de telemetría.
- Localización y reparación de fugas puntuales.
- Gestión de consumos, balances y rendimiento.
- Aplicaciones de mantenimiento preventivo.
- Confección de modelos de simulación hidráulica.
- Calibración y mantenimiento de modelos.
- Control y seguimiento de calidad del agua.
- Diagnóstico del estado de la red y de la calidad del servicio.

Es así como los SIG se están consolidando en el panorama actual como potentes herramientas de gestión de toda la información relacionada con la explotación de las redes de distribución de agua potable. El vínculo directo entre la información alfanumérica y la información geográfica que permite un SIG, proporciona la base para llevar a cabo un sinfín de tareas que van desde los trabajos de inventario, a la obtención de planos, gestión de averías, gestión de la demanda, actuaciones de mantenimiento, planificación de campañas de medición, planificación de campañas de búsqueda y localización de fugas, etc. Entre las muchas tareas se incluye también la confección de modelos hidráulicos de la red de abastecimiento desde el propio SIG. No obstante, hay que tener presente que la información requerida para llevar a cabo las tareas de gestión no es la misma que se necesita para confeccionar un modelo. A pesar de ello, se están realizando grandes esfuerzos para lograr este objetivo, puesto que los modelos hidráulicos son cada vez más necesarios para complementar las tareas de explotación y planificación de la red;

---

---

cabe mencionar que en los últimos años se han realizado progresos muy importantes en el campo de la integración de los modelos matemáticos de las redes hidráulicas en el SIG, enriqueciendo así la información meramente inventariada para que pueda ser utilizada también en el proceso de toma de decisiones.

#### Caso Ciudad de México

El gobierno de la Ciudad de México, por conducto del SACMEX, establece dentro del PGIRH, diversas líneas de acción para mejorar la operación del sistema hidráulico y con ello, las condiciones de las redes de agua potable, drenaje sanitario y pluvial y aguas de reúso, así como la infraestructura complementaria para la prestación de los servicios que permitan atender las demandas de una población creciente y densificada.

Para ejecutar correctamente los propósitos descritos de mejoramiento en la operación, y cumplir los objetivos propuestos en el PGIRH, se plantea la necesidad de realizar la modernización de los sistemas de análisis y de mantenimiento, medición y control de la infraestructura hidráulica y complementaria de la Ciudad de México, lo cual se propone mediante:

- La incorporación de un Sistema de Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA), que incida en la optimización de la operación del sistema hidráulico y en la reducción de los costos en el largo plazo.
- Construcción de un Centro de Control de Teledetección y Teleoperación (CCTT) para mejorar el desempeño operacional del SACMEX con información, monitoreo y sistematización de las redes de agua y drenaje, mediante la instalación de instrumentos y mecanismos de control.
- Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y pronóstico hidrometeorológico para la Ciudad de México (Sistema de Alerta Temprana), con el propósito de reducir la vulnerabilidad de la ciudad, como medida de adaptación ante el cambio climático. Se contempla con ello establecer la capacidad de adquirir y procesar imágenes satelitales para dar seguimiento a la ocurrencia de fenómenos en tiempo real y, primordialmente, para proporcionar información oportuna de la ocurrencia de precipitaciones intensas con alto riesgo.
- Diseño y construcción de un SIG, el cual permita mejorar la operación y modelación de la

---

---

red por sectores, la programación y monitoreo de lecturas y entrega de recibos, así como la permanente actualización del padrón de usuarios y la adecuación y manejo del drenaje pluvial y sanitario.

En la integración del SIG único del SACMEX se tomarán como fuente principal de información y parámetros de inicio los esfuerzos de las diferentes unidades por construir, bases de datos confiables y algunos sistemas geográficos; es decir, se integrarán los distintos SIG existentes, que describen las características más importantes de la infraestructura y su funcionamiento hidráulico. Entre los parámetros que contendrá el SIG se encuentran: infraestructura, usuarios (tipo), sectores y zonas con encharcamientos recurrentes. Los aspectos a considerar en el desarrollo de este software son: seguridad, accesibilidad, veracidad de la información y una interfaz amigable para fácil actualización.

- Modernización de estaciones pluviométricas, la red pluviométrica es de incalculable valor en época de lluvias, así como para el diseño de infraestructura urbana y rural, tanto para el SACMEX como para otros organismos y dependencias locales y federales. Para ello se realizará la adquisición de los instrumentos y equipos para el monitoreo de precipitación en las estaciones pluviométricas que lo requieran y se complementará la red con estaciones adicionales para incrementar la confiabilidad del sistema.

Es así como el SACMEX inicia el diseño e implementación del SIG en el año 2012, definiéndolo como (Cañada, 2015):

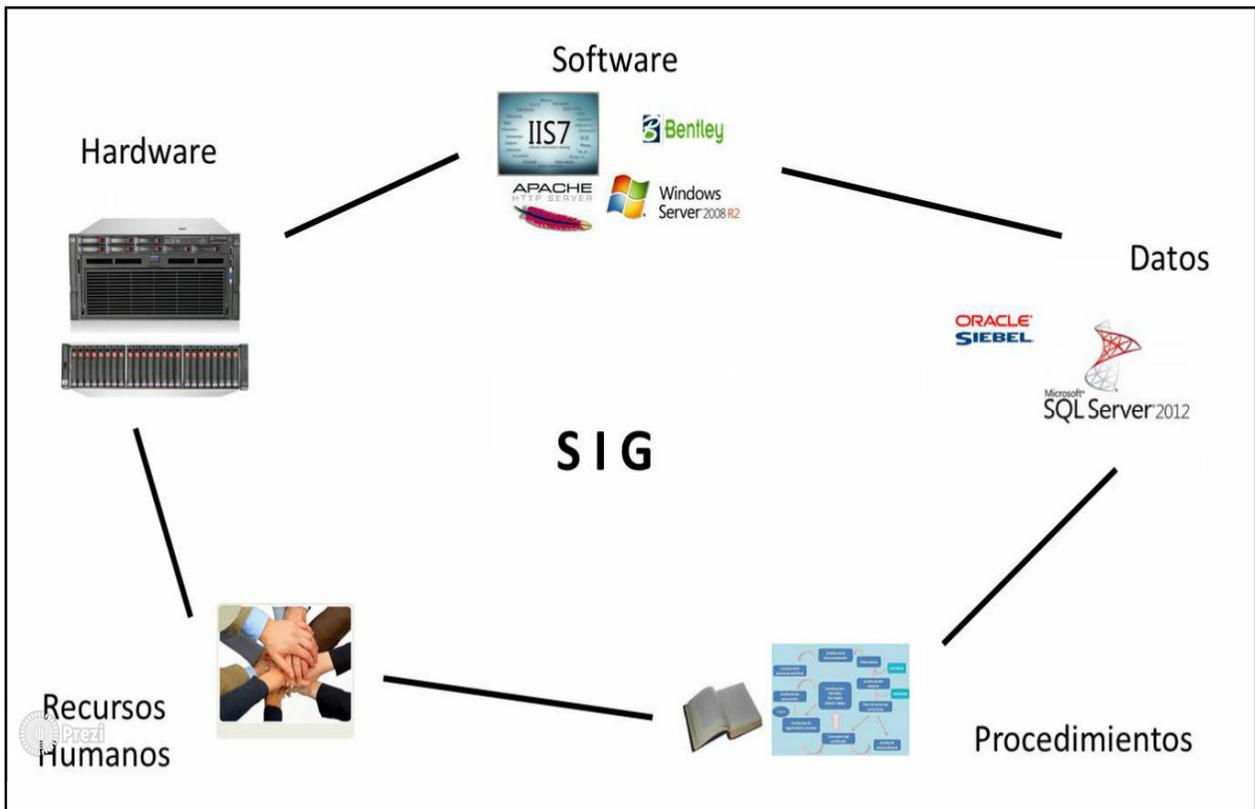
“La integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas posibles la información geográficamente referenciada de infraestructura de agua potable, predios, cuentas de agua y fugas con el fin de resolver problemas complejos y ayudar en la toma de decisiones”.

La representación de tal definición puede observarse en la figura II.32.

Adicionalmente, se plantearon los siguientes alcances:

- Infraestructura. Capturar, almacenar y gestionar la infraestructura hidráulica de agua potable de la Ciudad de México derivada del Catastro.
- Información complementaria. Consultar a través de enlaces con las áreas responsables, el padrón de usuarios, consumos, volúmenes anuales, medición.

- Fugas. Ligar los datos de los últimos dos años y preparar la captura cotidiana de fugas en la Ciudad de México.



**Figura II.32.** Esquema del SIG utilizado por el SACMEX. Fuente: Cañada, 2015.

Para lograr el desarrollo del SIG único del SACMEX, con el cual solucionar la falta y dispersión de información, así como mejorar sustancialmente la colaboración entre las diversas áreas que lo integran, el SACMEX inició en el año 2012 la contratación de empresas con el perfil adecuado para llevar a cabo esta tarea, planeando para ello, tal desarrollo en cuatro etapas que a continuación se describen:

- Primera. Consistió en integrar la delegación Iztapalapa, la cual pertenece al macrosector 5, debido a que se contaba con la información completa de la infraestructura hidráulica y se tenían relacionadas aproximadamente 395,000 tomas de agua potable, se llevó a cabo de mayo a noviembre de 2012.
- Segunda. Levantamiento en campo de la información de la infraestructura hidráulica de los macrosectores 3 y 4, para integrarse en su totalidad al SIG en el mes de diciembre de 2013.
- Tercera. Se planteó su inicio a partir del mes de julio de 2013, con la finalidad de incluir

---

---

el levantamiento de la infraestructura hidráulica de los macrosectores 1 y 2 en el SIG para el mes de junio de 2014.

- Cuarta. Se planeó para el mes de julio de 2014, incluyendo el levantamiento de la infraestructura hidráulica de los macrosectores 6 y 7, esperando integrarla al SIG en junio de 2015.

A pesar de que la integración de la infraestructura hidráulica de los 7 macrosectores que conforman la Ciudad de México estaba planeada para terminarse en el mes de junio de 2015, esto no ha sido posible debido a la enorme complejidad y magnitud de la misma, además de que el propio crecimiento de la ciudad provoca que la infraestructura existente se tenga que revisar y actualizar constantemente. Por lo anterior, el SACMEX a través de la Dirección de Sectorización y Automatización, preocupado por tener la información concentrada, organizada y homologada para la toma de decisiones, sigue integrando actualmente a su SIG la mayor información de la infraestructura hidráulica que tiene para potenciar más su utilización, esto a través de las siguientes actividades:

- Recopilación y análisis de los datos de la infraestructura hidráulica existente en el SACMEX.
- Complementación de la base de datos existente para captura de la información de la infraestructura hidráulica (formatos) y aplicativo para publicación, adecuada al SIG del SACMEX.
- Elaboración de tablas con la información no gráfica de la infraestructura.
- Análisis y configuración de la infraestructura hidráulica, con sus elementos que la integran.
- Digitalización de la infraestructura hidráulica con la información gráfica existente.
- Cursos de capacitación para usuarios administradores y usuarios finales.

Por lo anterior, resalta la necesidad de contar a la brevedad posible con un Catastro detallado, completo y real de la infraestructura del sistema de agua potable en la Ciudad de México, además de su actualización constante; esto para poder explotar al máximo todas las ventajas y aplicaciones que un SIG puede ofrecer en la gestión diaria de las redes de distribución de agua. El trabajo aún es significativo, pero se tienen ya avances importantes, en las figuras II.33, II.34, II.35 y II.36 pueden observarse algunas de las aplicaciones del SIG único del SACMEX.

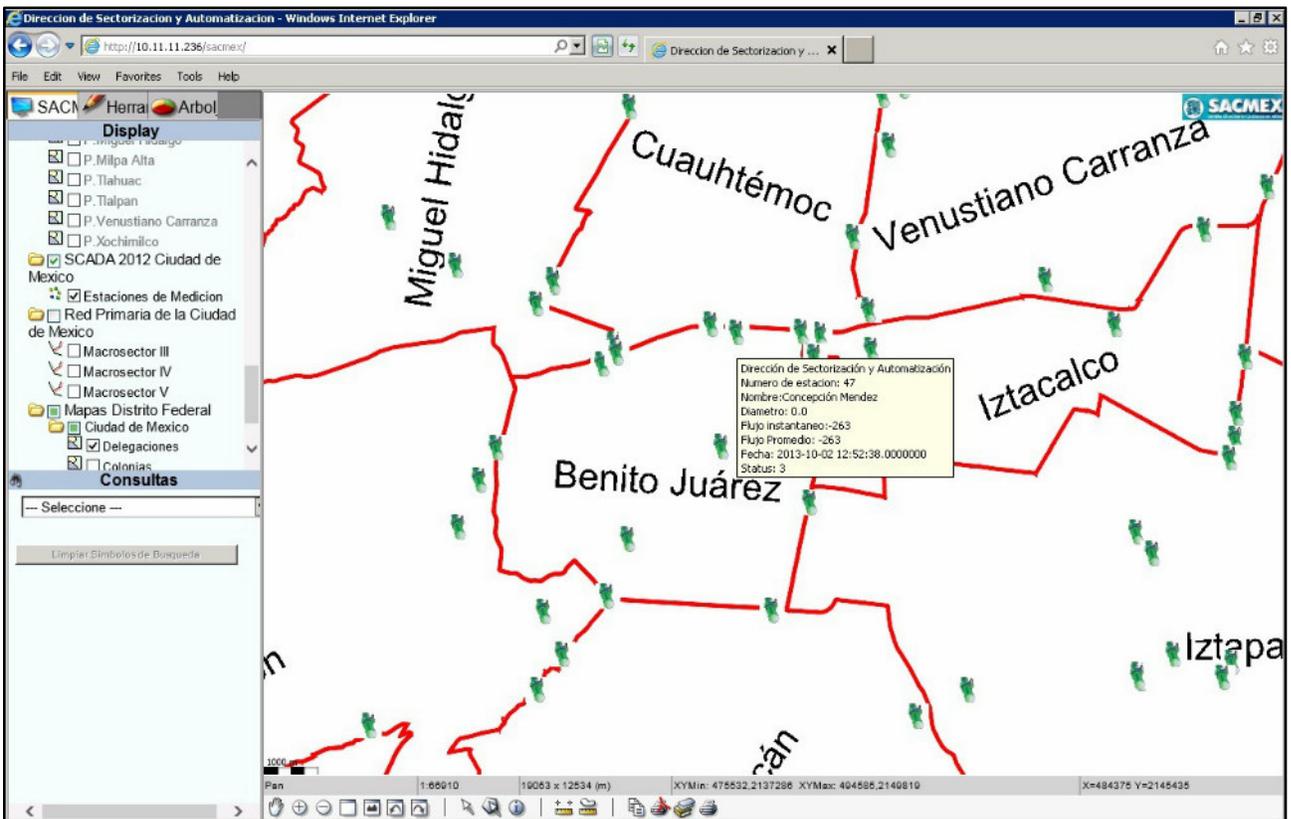


Figura II.33. Puntos de medición (SCADA). Fuente: Cañada, 2015.

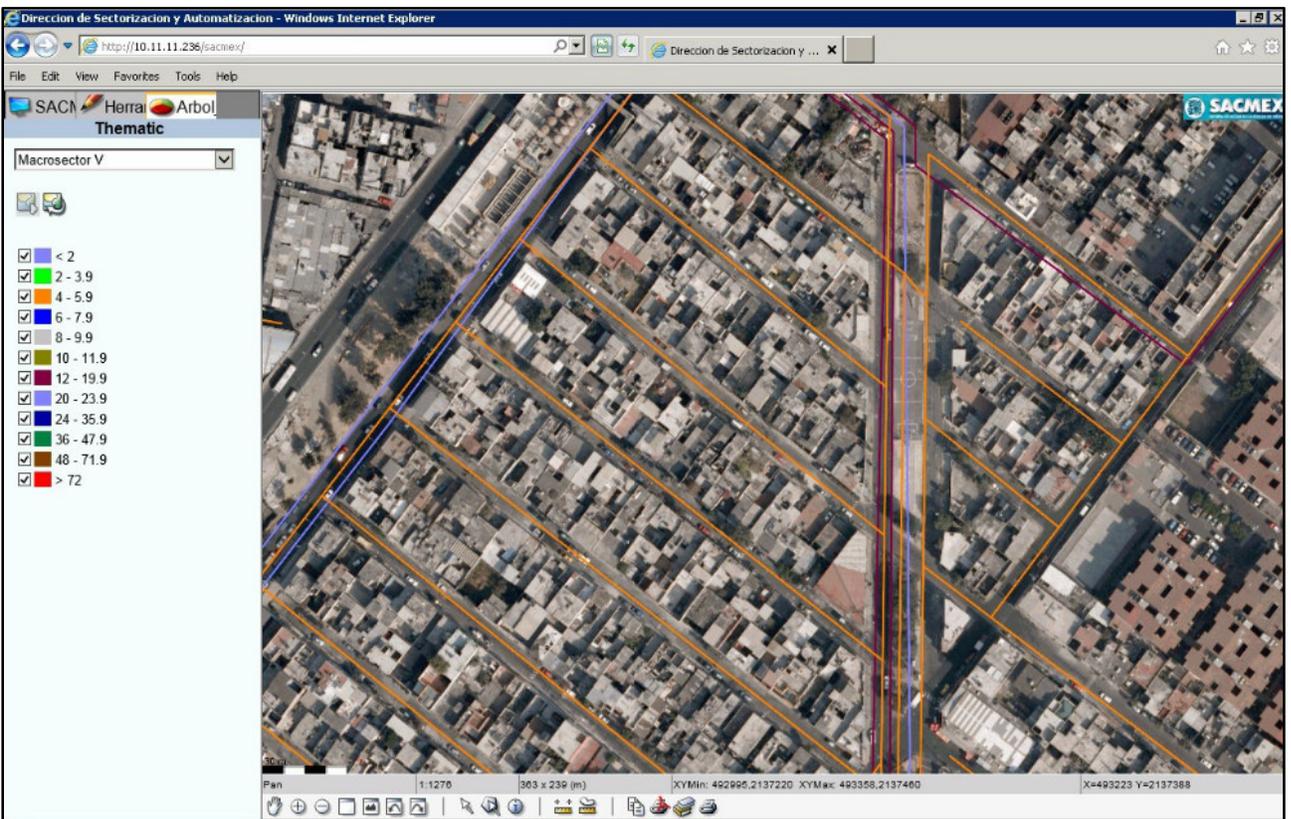


Figura II.34. Fotos aéreas y tubería macrosector V. Fuente: Cañada, 2015.

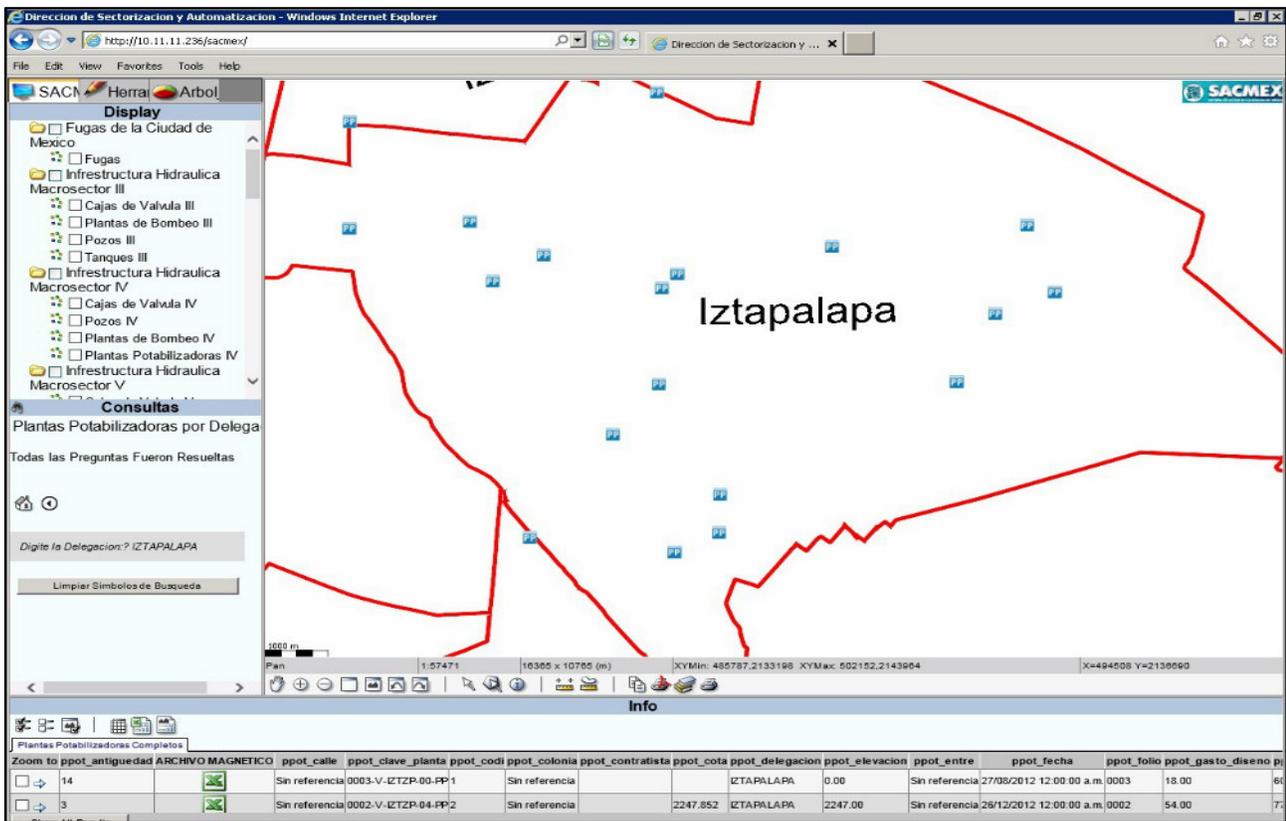


Figura II.35. Consulta de plantas potabilizadoras por delegación. Fuente: Cañada, 2015.

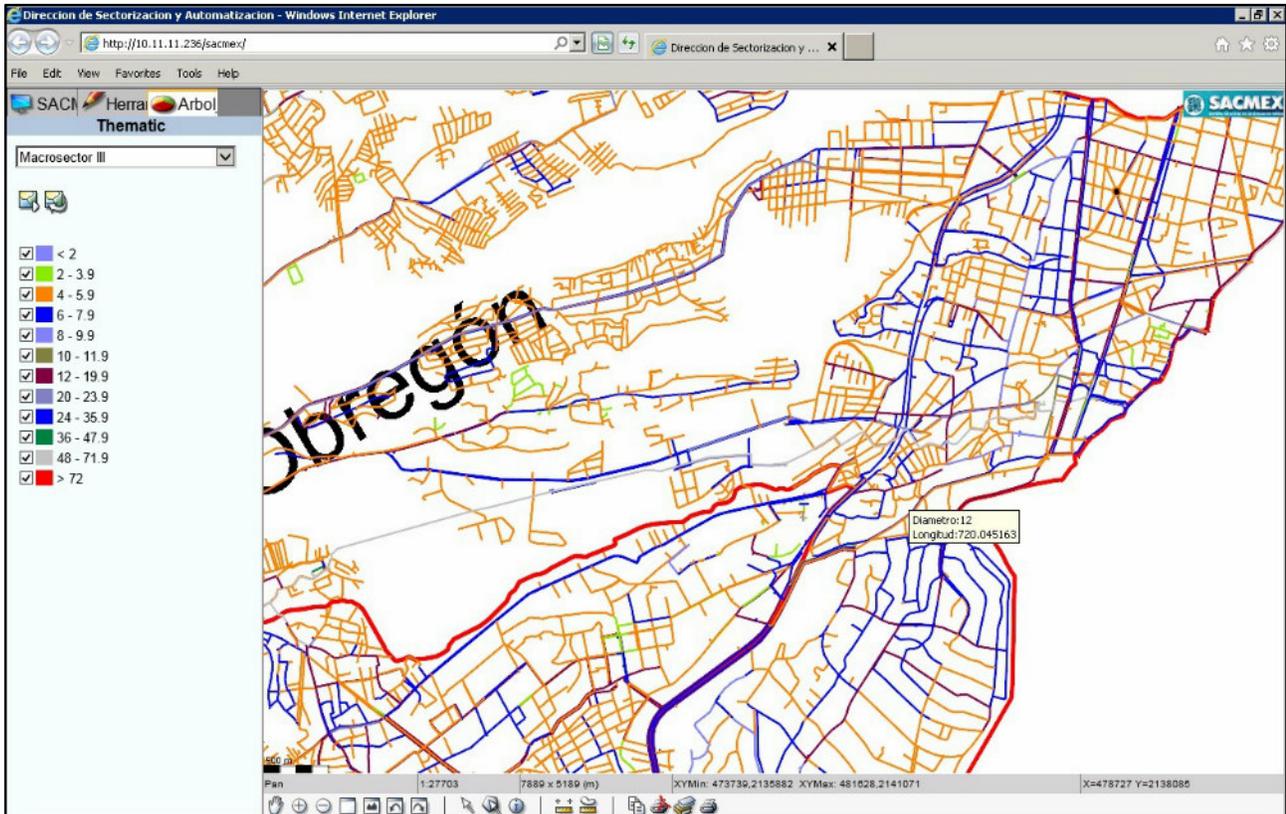


Figura II.36. Árbol temático de tubería de agua potable por macrosector III. Fuente: Cañada, 2015.

---

---

***Capítulo III.***

***Caso de estudio:***

***macrosector I – evaluación***

***de la delegación Gustavo A.***

***Madero***

- II.1. Características físicas y urbanas**
  - II.2. Situación actual de la infraestructura hidráulica de la delegación Gustavo A. Madero**
  - II.3. Delimitación del estudio**
  - II.4. Aplicación del método**
-

---

---

## **CAPÍTULO III. CASO ESTUDIO: MACROSECTOR I – EVALUACIÓN DE LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO (GAM)**

El desarrollo urbano de la ZMVM ha evolucionado activamente en los últimos años, incrementando en el mismo grado la demanda de suministro de agua potable, el desalojo de aguas residuales y pluviales, así como la necesidad de tratamiento de estas para su reúso.

La construcción de la infraestructura hidráulica, su operación y mantenimiento, son procesos esenciales para cubrir las necesidades de la población y que deberán basar su eficiencia en una correcta planeación que estará sustentada en un análisis previo de la problemática, cuyos alcances permitan su adecuación en el tiempo bajo estrategias definidas con el objeto de lograr metas y beneficios con los recursos disponibles.

Es bajo este contexto que se considera necesario contar con información disponible y actualizada de cada delegación de la Ciudad de México y zonas aledañas a ésta.

La delegación GAM no es ajena a este hecho, por lo que en el presente estudio se realiza un análisis de la infraestructura hidráulica de agua potable con que cuenta.

### **III.1. Características físicas y urbanas**

La delegación GAM es una de las 16 delegaciones de la Ciudad de México (figura III.1). Su nombre actual lo recibió en honor a Gustavo Adolfo Madero, político participante en la Revolución Mexicana, hermano de Francisco I. Madero. Anteriormente se le conoció como Tepeyac (en la nariz del cerro) y Guadalupe Hidalgo, debido a las apariciones de la virgen de Guadalupe y en honor a Miguel Hidalgo.

Fue en 1931 cuando se convierte en una delegación de la Ciudad de México con el nombre de Villa de Gustavo A. Madero y en 1941 cambia al nombre actual.

En las dos últimas décadas del siglo XX, se da una expansión del área urbana, la cual se extendió a la Sierra de Guadalupe en la zona de Cuauhtémoc (figura III.2), donde actualmente se detectan los principales problemas de asentamientos irregulares y deficiencias en la dotación de servicios públicos básicos.

#### **Entorno territorial**

La topografía de la GAM presenta zonas con relieve variado, la estructura de mayor importancia

---

---

se localiza en la zona nororiente de la Ciudad de México, ocupa el 10% de área total de la delegación, en su límite norte con el Estado de México llevando por nombre Sierra de Guadalupe, cuya altura oscila entre los 2,700 y los 3,000 msnm, catalogada como una de las estructuras geológicas aflorantes más antiguas de la parte sur de la cuenca del Valle de México.



**Figura III.1.** Ubicación de la delegación GAM en la Ciudad de México. Fuente: <https://nuripom.wordpress.com/>. [Consulta: 3 septiembre 2016].



**Figura III.2.** Sierra de Guadalupe. Fuente: PSC, 2013.

---

---

La Sierra de Guadalupe tiene como elementos importantes a:

- El cerro del Tenayo con una altura de 2,450 msnm.
- El Jaral y Picacho, este último se eleva a 2,850 msnm.
- El cerro del Chiquihuite con una altura de 2,750 msnm.
- El cerro Zacatenco y El Guerrero 2,400 msnm.
- El cerro del Tepeyac con 2,270 msnm, que corresponde a la prominencia con menor elevación en esta sierra.

La parte restante del territorio político de la delegación lo ocupan lomeríos que corresponderían a las estribaciones de estas mismas prominencias y que sólo participan con un 2% del total y el restante 88% está ocupado por planicie, misma que se ha conformado con rellenos de origen lacustre.

#### Ubicación, límites y superficie

La GAM se ubica en el extremo noreste de la Ciudad de México, tiene una superficie territorial de 87.65 km<sup>2</sup>; colinda al norte con los municipios de Tlalnepantla de Baz, Ecatepec de Morelos, Coacalco de Berriozábal y Tultitlán del Estado de México, al sur con las delegaciones Venustiano Carranza y Cuauhtémoc, al oriente con el municipio de Nezahualcóyotl, también del Estado de México y al poniente con la delegación Azcapotzalco. Sus límites son marcados por importantes arterias como: Periférico al norte, el Circuito Interior o Río Consulado al sur, la calzada Vallejo al poniente, avenida Valle Alto y avenida 608 entre otras vialidades menores al oriente.

Esta delegación es una importante vía de interconexión entre la Ciudad de México y el Estado de México lo que conlleva a tener problemáticas viales y de servicios entre ambas entidades.

#### Geología

El territorio que ocupa la delegación GAM se ubica dentro de la provincia del Eje Neovolcánico, sus unidades geológicas pertenecen a la era Cenozoico, correspondiente al período terciario superior y cuaternario. Los tipos de suelo que existen se conocen como aluvial (compuesto principalmente por arena, grava, arcilla limo) y lacustre. En los cerros y las prominencias altas se encuentran rocas ígneas extrusivas, donde predominan el tipo de andesita, cuya composición comprende generalmente plagioclasa y otros minerales ferro magnésicos como piroxena, biotita y hornablenda. Al sureste de la delegación predomina el suelo de tipo lacustre, constituido por

---

---

las formaciones arcillosas tanto en la parte superior como inferior, entre estos dos estratos se encuentra una fase de arena y limo de poco espesor llamado capa dura; en las profundidades mayores se tienen principalmente arenas, limos y gravas. Hacia la parte norte, las formaciones de arcilla se hacen más delgadas hasta llegar a la zona de transición, la cual está constituida por intercalaciones de arena y limo, cuyas propiedades mecánicas son muy variables. La zona con suelo lacustre, que se ubica donde estaba el lago de Texcoco, presenta hundimientos en la mayor parte de su extensión, esto se debe principalmente por la desecación de los mantos acuíferos y por la falta de infiltración de agua al subsuelo. La zona que se encuentra en las faldas de la Sierra de Guadalupe y de los cerros de Zacatenco, El Guerrero y Los Gachupines tiene el suelo más resistente en cuanto a composición geológica se refiere y se encuentra erosionada en su mayor parte por la deforestación y por el asentamiento de viviendas en la parte de su pendiente.

#### Hidráulica subterránea (acuíferos)

La delegación cuenta con varios cauces que en la actualidad se encuentran casi en su totalidad entubados, que es por donde corren diversas vialidades, algunos de ellos son: río de los Remedios, río Consulado, río Guadalupe y río Santa Coleta.

Hablando de acuíferos estos están contenidos en los depósitos lacustres y se clasifican como semiconfinados de baja permeabilidad conteniendo minerales de composición ferro – magnesiana y asociados a cloruros, sales de potasio, calcio y magnesio por lo que se consideran de mala calidad y deben ser sometidos a una potabilización para el consumo humano.

El 35% del terreno de la delegación (suroriente y una pequeña porción de la zona poniente) se ubica dentro de la zona Geohidrológica II, que se caracteriza por alojar a su acuífero en material granular de baja a mediana permeabilidad y es cubierto por un acuitardo alojado en las arcillas lacustres que pueden tener espesores de 300 m en Xochimico – Chalco y 400 m en el área de Texcoco.

Otro 35% de territorio (zona centro y poniente) se ubica dentro de la zona Geohidrológica IV que aloja a su acuífero en rocas de la formación Tarango y por el denominado “Aluvión Antiguo”. La formación aflora en el poniente donde constituye los lomeríos y el Aluvión Antiguo aflora en una franja angosta, predispuesta al pie de los lomeríos (figura III.3).

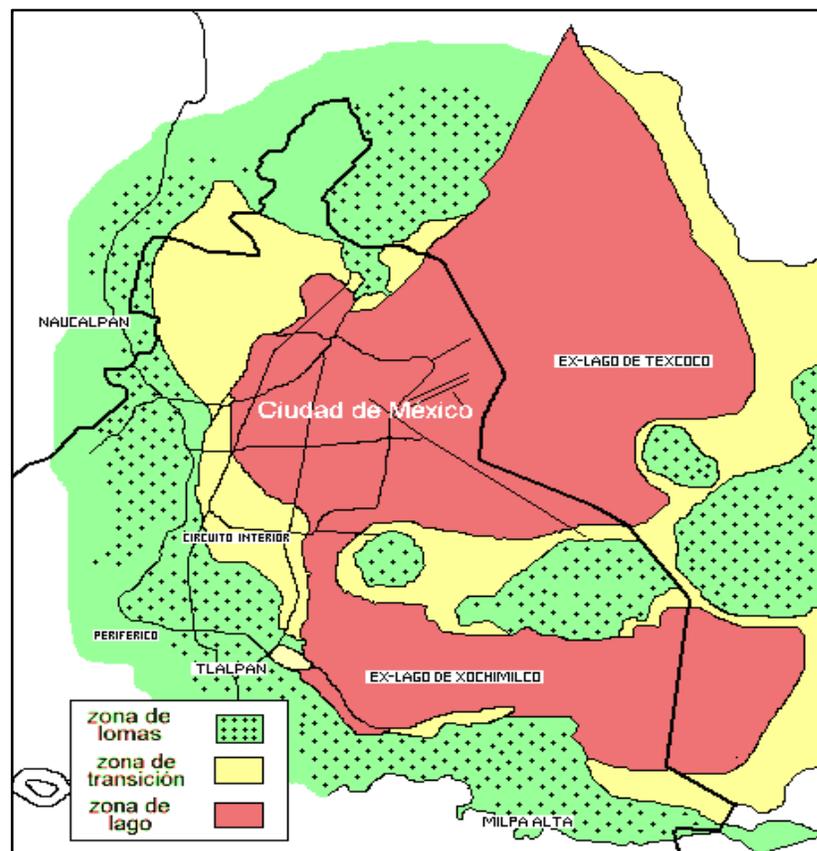
En general las rocas de la formación observan baja permeabilidad y las del Aluvión mediana por

---

---

lo que en conjunto sus acuíferos son de bajo a mediano rendimiento, estando cubierto por rocas basálticas en el extremo sur y arcillas lacustres en las porciones bajas. El 30% restante del territorio (zona norte) se localiza en las partes altas de la Sierra de Guadalupe, que se caracteriza por su composición andesítica de baja permeabilidad.

La delegación GAM forma parte de la Región Hidrológica RH26 denominada Panuco, en la cuenca del río Moctezuma y dentro de las sub cuencas lago de Texcoco – Zumpango. Se localiza en la zona denominada rígida, en la que se recomienda evitar la sobreexplotación de los mantos acuíferos; sin embargo, tiene un grado de permeabilidad alta, lo que permite una rápida recarga de los mantos freáticos.



**Figura III.3.** Zonas geohidrológicas en la Ciudad de México. Fuente: [skyalertblog.blogspot.com](http://skyalertblog.blogspot.com). [Consulta: 3 septiembre 2016].

#### Características meteorológicas

El clima de la GAM es templado con temperatura promedio de 16 °C y semiseco con lluvias en verano. La precipitación media anual es de 600 mm, iniciando la temporada de lluvias en junio y terminando en septiembre.

Se caracteriza por tener a los meses de julio, agosto y septiembre como los de mayor

precipitación, mientras que los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril son los que presentan menor precipitación. Los meses con más frío son diciembre, enero y febrero, teniendo al año aproximadamente 69 días con heladas. En el cuadro III.1 se muestran los principales parámetros de temperatura y precipitación prevalecientes en la delegación GAM.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Temperatura máxima absoluta (°C)	24.6	26.8	29.5	30.2	29.6	29.5	27.7	26.8	26.3	26.3	24	23.2	24
Temperatura máxima media (°C)	21	23	25.7	26.5	27.3	25.6	24.2	24.4	23.7	23.1	22.2	21.2	24
Temperatura media (°C)	13.1	14.7	17.2	18.5	19.4	18.6	17.7	17.7	17.3	16.4	14.7	13.5	18.6
Temperatura mínima media (°C)	5.1	6.5	8.8	10.4	11.6	11.6	11.3	11	10.9	9.7	7.2	5.9	9.2
Temperatura mínima absoluta (°C)	-2	1	1	1	7	5.5	7.5	8	3.5	4	-1	-4	-4
Precipitación total (mm)	47.4	45.2	52.9	58	175.7	289	256	251.9	169.3	106	36.8	34.1	621.2
Días de precipitaciones $\geq 0.1$ mm	0.6	0.9	1.1	3.9	6.7	11.5	14.9	12.9	8.9	4.7	1.1	0.8	68

**Cuadro III.1. Parámetros climáticos promedio en la delegación GAM (1951 – 2010).**

Fuente: <http://smn.cna.gob.mx/es/>. [Consulta: 3 septiembre 2016].

## Población

La delegación GAM es la segunda más poblada de las 16 delegaciones de la Ciudad de México y uno de los territorios con mayor número de habitantes del país.

De acuerdo con el conteo de población y vivienda 2006 realizado por el INEGI, la densidad de la población en el año 2005 referida sólo al área urbana, fue de 16,132.51 hab/km<sup>2</sup>, mientras que en la Ciudad de México fue de 13,789.75 hab/km<sup>2</sup> y la población en la delegación fue de 1,193,161 habitantes, se estima que para el año de 2025 la población será de 1,266,754 habitantes, mientras que la población total de la Ciudad de México será de 9,253,754 habitantes.

## División territorial

La superficie urbana de la delegación se encuentra dividida en 10 direcciones territoriales, mismas que se desagregan en 204 unidades territoriales, a saber: 7 pueblos, 7 barrios, 4 fraccionamientos, 45 unidades habitacionales y 141 colonias (cuadros III.2 y III.3).

Un aspecto importante a destacar, es lo relativo al grado de desarrollo social de las unidades territoriales que conforman la delegación GAM. Para ello se utiliza el “Índice de desarrollo social de las unidades territoriales de la Ciudad de México 2010” (IDSUT), el cual representa una medición que permite contrastar realidades y dar seguimiento a los avances o retrocesos sobre

la política de desarrollo social del gobierno de la Ciudad de México; es decir, constituye un instrumento de cuantificación de la desigualdad socio – espacial y del grado de cumplimiento de los derechos sociales de la población.

Pueblos		
➤ CAMINO A SAN JUAN DE ARAGÓN.	➤ SAN JUAN DE ARAGÓN.	➤ SANTA ISABEL TOLA.
➤ CUAUTEPEC EL ALTO.	➤ SAN PEDRO ZACATENCO.	➤ SANTIAGO ATZACOALCO.
➤ SAN BARTOLO ATEPEHUACÁN		
Barrios		
➤ LA CANDELARIA TICOMÁN.	➤ LA PURÍSIMA TICOMÁN.	➤ SAN MIGUEL-LA ESCALERA.
➤ LA CRUZ.	➤ SAN JUAN Y GUADALUPE TICOMÁN.	➤ SAN RAFAEL TICOMÁN.
➤ LA LAGUNA TICOMÁN.		
Fraccionamientos		
➤ NUEVA INDUSTRIAL VALLEJO.	➤ TORRES LINDAVISTA.	
➤ RESIDENCIAL LA ESCALERA.	➤ VILLA DE ARAGÓN.	
Unidades habitacionales		
➤ ACUEDUCTO DE GUADALUPE.	➤ HORNOS DE ARAGÓN.	➤ REVOLUCIÓN IMSS.
➤ AIDEE SOLÍS CÁRDENAS.	➤ INDECO.	➤ SAN JUAN III.
➤ ARROYO GUADALUPE.	➤ INFONAVIT.	➤ SAN JUAN DE ARAGÓN 1A SECC.
➤ CTM ATZACOALCO.	➤ INFONAVIT CAMINO SAN JUAN DE ARAGÓN.	➤ SAN JUAN DE ARAGÓN 2A SECC.
➤ CTM EL RISCO.	➤ INFONAVIT LORETO FABELA.	➤ SAN JUAN DE ARAGÓN 3A SECC.
➤ EDUARDO MOLINA.	➤ JOSÉ MARÍA MORELOS Y PAVÓN.	➤ SAN JUAN DE ARAGÓN 4A SECC.
➤ EJIDOS SAN JUAN DE ARAGÓN 1A SECCIÓN.	➤ JOYAS VALLEJO.	➤ SAN JUAN DE ARAGÓN 5A SECC.
➤ EJIDOS SAN JUAN DE ARAGÓN 2A SECCIÓN.	➤ JUAN DE DIOS BATIZ.	➤ SAN JUAN DE ARAGÓN 6A SECC.
➤ EL ARBOLILLO 1.	➤ LA ESMERALDA.	➤ SAN JUAN DE ARAGÓN 7A SECC.
➤ EL ARBOLILLO 2.	➤ LA PATERA-CONDOMODULOS.	➤ SANTIAGO ATEPETLAC (LA SELVITA).
➤ EL ARBOLILLO 3.	➤ LA PRADERA I.	➤ SCT.
➤ EL COYOL.	➤ LINDAVISTA VALLEJO.	➤ SUTIC VALLEJO.
➤ FOVISSSTE ARAGÓN.	➤ LOS OLIVOS.	➤ TORRES DE QUIROGA.
➤ FOVISSSTE CUCHILLA.	➤ NARCISO BASSOLS.	➤ TORRES DE SAN JUAN.
➤ FOVISSSTE RIO DE GUADALUPE.	➤ PEMEX LINDAVISTA.	➤ TORRES DE SAN JUAN 1B.

**Cuadro III.2.** Relación de pueblos, barrios, fraccionamientos y unidades habitacionales en la delegación GAM. Fuente: DEPEPP, 2013.

Tal medición es de gran utilidad para los gobiernos delegacionales de la Ciudad de México, ya que permite tener una idea clara sobre las condiciones de vida de la población y los cambios en el territorio, a partir de las variables que miden el desarrollo social.

Con base en la información del IDSUT, que consideró para su estudio solamente 177 unidades territoriales de las 204 que conforman actualmente la delegación, se tienen los siguientes resultados: 29 (16.4%) se ubicaron en el grado muy bajo, 58 (32.8%) en el grado bajo, 56 (31.6%) en el grado medio y las restantes 34 (19.2%) en el grado alto.

## Colonias

➤ 15 DE AGOSTO.	➤ 7 DE NOVIEMBRE.	➤ AMPL. BENITO JUÁREZ.
➤ 25 DE JULIO.	➤ ACUEDUCTO DE GUADALUPE.	➤ AMPL. CASAS ALEMÁN.
➤ 51 LEGISLATURA.	➤ AHUEHUETES.	➤ AMPL. CASTILLO GRANDE.
➤ 6 DE JUNIO.	➤ AMPL. ARBOLEDAS DE CUAUTEPEC.	➤ AMPL. COCOYOTES.
➤ AMPL. EMILIANO ZAPATA.	➤ FERNANDO CASAS ALEMÁN.	➤ NUEVA VALLEJO.
➤ AMPL. GABRIEL HERNÁNDEZ.	➤ FERROCARRILERA INSURGENTES.	➤ PALMATITLA.
➤ AMPL. GRANJAS MODERNAS-SAN JUAN DE ARAGÓN.	➤ GABRIEL HERNÁNDEZ.	➤ PANAMERICANA.
➤ AMPL. GUADALUPE PROLETARIA.	➤ GENERAL FELIPE BERRIOZÁBAL.	➤ PARQUE METROPOLITANO.
➤ AMPL. MALACATES.	➤ GERTRUDIS SÁNCHEZ 1A SECCIÓN.	➤ PLANETARIO LINDAVISTA.
➤ AMPL. MÁRTIRES DE RIO BLANCO.	➤ GERTRUDIS SÁNCHEZ 2A SECCIÓN.	➤ PLAZA ORIENTE (RDCIAL).
➤ AMPL. PANAMERICANA.	➤ GERTRUDIS SÁNCHEZ 3A SECCIÓN.	➤ PRADOS DE CUAUTEPEC.
➤ AMPL. PROGRESO NACIONAL.	➤ GRACIANO SÁNCHEZ.	➤ PROGRESO NACIONAL.
➤ AMPL. PROVIDENCIA.	➤ GUADALUPE INSURGENTES.	➤ PROVIDENCIA.
➤ ARAGÓN INGUARAN.	➤ GUADALUPE PROLETARIA.	➤ QUETZALCÓATL 3.
➤ ARAGÓN LA VILLA (ARAGÓN).	➤ GUADALUPE TEPEYAC.	➤ RESIDENCIAL ZACATENCO.
➤ ARBOLEDAS DE CUAUTEPEC.	➤ GUADALUPE VICTORIA.	➤ ROSAS DEL TEPEYAC.
➤ BELISARIO DOMÍNGUEZ.	➤ HÉROE DE NACOZARI.	➤ SALVADOR DÍAZMIRÓN.
➤ BENITO JUÁREZ.	➤ HÉROES DE CHAPULTEPEC.	➤ SAN ANTONIO.
➤ BONDOJITO.	➤ INDUSTRIAL.	➤ SAN FELIPE DE JESÚS.
➤ CAMPESTRE ARAGÓN.	➤ JAIME S EMILIANO G.	➤ SAN JOSÉ DE LA ESCALERA.
➤ CAPULTITLAN.	➤ JORGE NEGRETE.	➤ SAN JOSÉ TICOMÁN.
➤ CASTILLO CHICO.	➤ JUAN GONZÁLEZ ROMERO.	➤ SAN MIGUEL CUAUTEPEC.
➤ CASTILLO GRANDE.	➤ JUVENTINO ROSAS.	➤ SAN PEDRO EL CHICO.
➤ CERRO PRIETO.	➤ LA CASILDA.	➤ SANTA ROSA.
➤ CHALMA DE GUADALUPE.	➤ LA ESMERALDA.	➤ SANTIAGO ATEPETLAC.
➤ CHURUBUSCO TEPEYAC.	➤ LA FORESTAL.	➤ SIETE MARAVILLAS.
➤ COCOYOTES.	➤ LA FORESTAL 1.	➤ SOLIDARIDAD NACIONAL.
➤ COMPOSITORES MEXICANOS.	➤ LA FORESTAL 2.	➤ TABLAS DE SAN AGUSTÍN.
➤ CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA.	➤ LA FORESTAL 3.	➤ TEPETATAL.
➤ COOPERATIVA LUIS ENRIQUE RODRÍGUEZ OROZCO.	➤ LA JOYA.	➤ TEPEYAC INSURGENTES.
➤ CTM ARAGÓN.	➤ LA JOYITA.	➤ TLACAELEL.
➤ CTM ARAGÓNAMPLIACIÓN.	➤ LA MALINCHE.	➤ TLACAMACA.
➤ CUAUTEPEC DE MADERO.	➤ LA PASTORA.	➤ TLALPEXCO.
➤ CUCHILLA DEL TESORO.	➤ LA PRADERA.	➤ TRES ESTRELLAS.
➤ CUCHILLA LA JOYA.	➤ LINDAVISTA.	➤ TRIUNFO DE LA REPUBLICA.
➤ DEFENSORES DE LA REPUBLICA.	➤ LOMA DE LA PALMA.	➤ VALLE DE MADERO.
➤ DEL BOSQUE.	➤ LOMAS DE CUAUTEPEC.	➤ VALLE DEL TEPEYAC.
➤ DEL OBRERO.	➤ LOMAS DE SAN JUAN IXHUATEPEC 2A SECC.	➤ VALLEJO.
➤ DM NACIONAL.	➤ LUIS DONALDO COLOSIO.	➤ VALLEJO PONIENTE.
➤ EL ARBOLILLO.	➤ MAGDALENA DE LAS SALINAS.	➤ VASCO DE QUIROGA.
➤ EL CARMEN.	➤ MALACATES.	➤ VERÓNICA CASTRO.
➤ EL OLIVO.	➤ MALVINAS MEXICANAS.	➤ VILLA DE ARAGÓN.
➤ EMILIANO ZAPATA.	➤ MARTIN CARRERA.	➤ VILLA GUSTAVO A MADERO.
➤ ESTANZUELA.	➤ MÁRTIRES DE RIO BLANCO.	➤ VILLA HERMOSA.
➤ ESTRELLA.	➤ MAXIMINO ÁVILA CAMACHO.	➤ VISTA HERMOSA.
➤ EX-ESCUELA DE TIRO.	➤ NUEVA ATZACOALCO.	➤ ZONA ESCOLAR.
➤ FAJA DE ORO.	➤ NUEVA TENOCHTITLÁN.	➤ ZONA ESCOLAR ORIENTE.

**Cuadro III.3.** Relación de colonias en la delegación GAM. Fuente: DEPEPP, 2013.

Los datos anteriores ponen de manifiesto que aproximadamente 1 de cada 2 unidades territoriales tienen un grado bajo o muy bajo de desarrollo social; es decir, la población que habita en 87 (49.2%) unidades territoriales no tiene las mejores condiciones de vida, ya que

---

---

carece de calidad y espacio en su vivienda, de acceso a la seguridad social, de bienes durables, de adecuación sanitaria y energética, además presentan un rezago educativo.

#### Principales vialidades

Como ya se mencionó, la delegación GAM se ubica en el nororiente de la Ciudad de México y está directamente conectada con algunos municipios del Estado de México; por su ubicación representa la entrada a la Ciudad de México, a través de importantes vías como la calzada Vallejo y la avenida Insurgentes desde la autopista a Pachuca. Por contar con estas vialidades, esta delegación tiene un papel estratégico de enlace con la ZMVM, en su parte norte, y con las entidades federativas que se ubican al norte del país con el resto de la ciudad.

Las vías regionales antes mencionadas se complementan con un sistema de vías principales y ejes viales que dan mayor accesibilidad al territorio delegacional y articulan su estructura urbana conformando corredores de servicios y transporte.

En lo que respecta al transporte público, la delegación juega un papel de enlace entre la ZMVM y el centro de la ciudad, ya que atrae y genera aproximadamente 1.5 millones de viajes, producto de una intensa interrelación de actividades económicas con el resto de la región, sobre todo por los desplazamientos de la población trabajadora al centro de la ciudad y a los municipios de la zona conurbada.

#### Uso de suelo

Las características geológicas, topográficas y fisiográficas de la delegación GAM han permitido definir el tipo de superficie, tanto para usos urbanos como no urbanos.

En cuanto a la cualidad de uso no urbano (agrícola, pecuario, forestal, cuerpos de agua y vegetación secundaria), ésta ocupa una superficie de 14.77 km<sup>2</sup> (16.85%), la cual se distribuye de la siguiente manera:

- El uso agrícola tiene una superficie de 0.85 km<sup>2</sup>.
- El uso pecuario abarca una extensión territorial de 5.06 km<sup>2</sup>, ocupado principalmente por pastizales.
- El uso forestal es el predominante, ya que se extiende en una superficie de aproximadamente 8.49 km<sup>2</sup>.
- Los cuerpos de agua ocupan una superficie de 0.14 km<sup>2</sup>.

- El uso de vegetación secundaria, que comprende superficies de polígonos con flora hidrófila, de galería y palmar principalmente, ocupa 0.23 km<sup>2</sup>.

En cuanto al uso urbano, éste abarca una superficie de aproximadamente 72.88 km<sup>2</sup>, lo que representa el 83.15% del total del territorio de la delegación, su principal ocupación es habitacional y comercial.

#### Vivienda

De acuerdo a la información del censo de población del año 2010, en la delegación GAM se tenían registradas 320,756 viviendas habitadas, de las cuales 320,663 (99.97%) son viviendas de tipo particular y las restantes 93 (0.03%) son viviendas colectivas. (cuadro III.4).

Tipo y clase de vivienda	Viviendas habitadas		Número de habitantes	Promedio de habitantes por vivienda
	Número	Porcentaje		
<b>Total</b>	<b>320,756</b>	<b>100.00</b>	<b>1,185,772</b>	<b>3.7</b>
Vivienda particular	320,663	99.97	1,171,303	3.7
Casa independiente	222,856	69.48	854,102	3.8
Departamento en edificio	68,510	21.36	218,507	3.2
Vivienda en vecindad	21,213	6.61	73,077	3.4
Vivienda en cuarto de azotea	517	0.16	1,444	2.8
Local no construido para habitación	191	0.06	611	3.2
Vivienda móvil	34	0.01	116	3.4
Refugio	35	0.01	111	3.2
No especificado	7,307	2.28	23,335	3.2
Vivienda colectiva	93	0.03	14,469	155.6

**Cuadro III.4.** Distribución absoluta y relativa de las viviendas en la delegación GAM.

Fuente: DEPEPP, 2013.

En lo que respecta a viviendas particulares, la mayor parte son casas independientes, departamentos en edificios y vivienda en vecindad, estas tres categorías agrupan un 97.45% del total de viviendas de este tipo. En cuanto a las viviendas colectivas, sólo había registradas 93 en toda la delegación, teniendo 14,469 ocupantes, lo que resulta un hacinamiento de 155.6.

En la figura III.4 se muestra la distribución relativa de las viviendas habitadas según el número de ocupantes; ahí se observa que la mayoría de las viviendas (45.6%) tenían 3 ó 4 ocupantes, mientras que un 27.6% de ellas es ocupada a lo más por 2 personas y el restante 26.8% de viviendas concentra al menos 5 ocupantes.

En cuanto a la cobertura de viviendas particulares habitadas que disponen de cada uno de los

---

---

servicios básicos, se tiene registrado lo siguiente:

- 98.3% cuenta con agua entubada.
- 98.56% tiene drenaje.
- 98.1% dispone de energía eléctrica.



**Figura III.4.** Distribución relativa de viviendas habitadas en la delegación GAM, según número de ocupantes. Fuente: DEPEPP, 2013.

### III.2. Situación actual de la infraestructura hidráulica de la delegación Gustavo A. Madero

La delegación GAM tiene un nivel de cobertura en infraestructura de agua potable del 98.3%, el faltante es abastecido por carros tanque. El suministro a la delegación se hace principalmente de fuentes externas, como son: el sistema Teoloyucan – Tizayuca – Los Reyes, operado por el OCAVM y se localiza en los Estados de México e Hidalgo. Una parte de la captación total es conducida a la planta de rebombeo Barrientos, de donde se envía a los tanques Chalmita para abastecer a la zona norte, centro y poniente de la delegación.

El sistema Ecatepec – Los Reyes se localiza en el Estado de México, al norte de la Ciudad de México, es operado por el OCAVM y registra una captación de 0.13 m<sup>3</sup>/s, una parte de ésta llega a la planta Barrientos, de donde se envía a los tanques Chalmita, y la otra parte, se envía por un acueducto paralelo al Chiconautla, llega a los tanques Santa Isabel para abastecer a la zona centro, oriente y sur de la delegación. El sistema Chiconautla se localiza en el Estado de México, al norte de la Ciudad de México, su operación es realizada por el SACMEX, tiene una aportación de 1.9 m<sup>3</sup>/s, que son conducidos a través de un acueducto principal a los tanques Santa Isabel.

En el cuadro III.5 se relacionan las principales instalaciones de agua potable con que cuenta la delegación GAM.

Descripción	Unidad	Cantidad
Pozos operados por el SACMEX	pozo	3
Pozos operados por particulares	pozo	26
Tanques de agua potable	tanque	41
Plantas de bombeo y rebombeo	planta	28
Red primaria de agua potable (diámetro de 20" a 72")	km	140.82
Red secundaria de agua potable (diámetro de 4" a 20")	km	1,774.48
Tomas domiciliarias	toma	167,815
Medidores instalados	medidor	174,899
Garzas de agua potable	toma	3
Estación medidora de presión	estación	9

**Cuadro III.5.** Resumen de infraestructura de agua potable en la delegación GAM. Fuente: SACMEX, 2007.

Los pozos perforados en la delegación GAM, específicamente en la zona sur, oriente y una porción de la zona poniente, tienen profundidades de 200 a 400 m, sus niveles estáticos a profundidades que varían de 10 m en sus centros, a más de 85 m en sus periferias; con caudales de extracción de 0.04 a 0.07 m<sup>3</sup>/s, la calidad del agua es en general deficiente hacia la porción oriente de la Ciudad de México, debido a la contaminación por desechos sólidos y por el drenado del acuitardo constituido por arcillas lacustres. Los pozos construidos en la zona centro y poniente tienen profundidades de 175 a 300 m, existiendo algunos de profundidades mayores, las profundidades de sus niveles estáticos oscilan de 20 a 100 m y sus caudales de extracción varían de 0.02 a 0.08 m<sup>3</sup>/s; la calidad del agua se considera buena. En la zona norte de la delegación la construcción de pozos es casi nula por el alto grado de endurecimiento de la roca y la baja capacidad de producción de los pozos; la calidad del agua se considera buena. En el cuadro III.6 se relacionan los tres pozos administrados por el SACMEX; en cuanto a los pozos operados por particulares, se tienen registrados 26, de los cuales en el año 2005 se tuvo un consumo total de 172,197.44 m<sup>3</sup>.

En lo que respecta a las líneas de conducción e interconexión más importantes, la delegación GAM cuenta con aproximadamente 32,718 m totales, agrupados en diámetros de 4" (270 m), 6" (6,190 m), 12" (12,212 m), 32" (246 m), 61" (1,600 m) y 71" (12,200 m).

Los tanques de almacenamiento y regulación son la parte del sistema de agua potable que

permite enviar un gasto constante desde la fuente de abastecimiento y satisfacer las demandas variables de la población; al respecto se cuenta con 41 de ellos, enlistándose en el cuadro III.7 los 10 de mayor capacidad.

No.	Nombre del pozo	Ubicación	Caudal medio anual 2007 (m <sup>3</sup> /s)	Abastece
1	Panamericana	Poniente 112, esq. norte 9, colonia Panamericana, delegación GAM	0.06	Col. Panamericana
2	Valle del Tepeyac	Av. de los 45 m, esq. av. Azcapotzalco La Villa, colonia Montevideo, delegación GAM	0.06	Col. Montevideo
3	La Pastora 1	Av. Puerto de Mazatlán, esq. cda. José López Portillo, colonia La Pastora, delegación Azcapotzalco - GAM	0.039	Col. Pastora

**Cuadro III.6.** Pozos operados por el SACMEX en la delegación GAM. Fuente: SACMEX, 2007.

No.	Nombre	Ubicación	Recibe agua de:	Uso de agua producida	Capacidad (m <sup>3</sup> )
1	Chalmita 1	Calle Morelos s/n esq. Tabasco, interior del deportivo Carmen Serdán, col. Chalma de Guadalupe	Planta de bombeo Barrientos (OCAVM)	Azcapotzalco y GAM, planta Chalmita y reclusorio norte	55,000
2	Chalmita 2				55,000
3	Chalmita 3				55,000
4	Chalmita 4				55,000
5	GM-6	Calle Zihuatanejo s/n esq. López Mateos, col. La Casilda	Tanque GM-8	Zona escolar del Bosque, Cuauhtepac El Alto, Forestal y Palmatitla Valle de Madero	1,500
6	GM-5	Calle López Mateos s/n, col. La Casilda	Rebomdeo GM-5	Colonias Felipe Berriozabal, Forestal, La Casilda, parte baja de Coyotes y Las Arboledas	1,000
7	Tepetatal	Agustín Lara entre Paco Michel y Víctor Cordero, col. Compositores Mexicanos	Planta de bombeo Chalmita	Tanque GM-1 y colonias Compositores Mexicanos, Tepetatal, La Palma y Malacates	1,500
8	Oscilación	Zona alta del cerro Gachupines, col. Santa Isabel Tola	Rebomdeo T-2	GAM	1,750
9	CTM	Av. de las Torres casi esq. Andrés Osuna, col. Gabriel Hernández Ampliación	Tanque Santa Isabel	Unidad CTM El Risco, CTM Atzacolco	2,500
10	CGM-8	2° callejón del Carmen, esq. Benito Juárez, col. del Carmen	Rebomdeo Chalmita	GM-23 y GM-8	1,500

**Cuadro III.7.** Principales tanques de almacenamiento y regulación en la delegación GAM. Fuente: SACMEX, 2007.

Las 28 plantas de bombeo y rebomdeo con que cuenta la delegación GAM tienen en su conjunto una capacidad instalada de 9.403 m<sup>3</sup>/s; mostrándose en el cuadro III.8 las 5 de mayor capacidad.

No.	Nombre	Ubicación	Recibe agua de:	Envía agua a:	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1	Rebomdeo Chalmita 3	Calle Morelos s/n esq. Tabasco, interior del deportivo Carmen Serdán, col. Chalma de Guadalupe	Tanque Chalmita y Tepetatal T-1	GM-8A, RT-1 y tanque Tepetatal	0.85
2	Rebomdeo T-2	Guerrero y Tabasco, col. Chalma de Guadalupe	RGB T-1	RGB Tanque GM-16	1.00
3	Rebomdeo GM-6	Calle Zihuatanejo s/n esq. López Mateos, col. La Casilda	Tanque GM-8	Tanque GM-5	1.50
4	Rebomdeo Pastora 1	Av. Puerto de Mazatlán, esq. cda. José López Portillo, colonia La Pastora	Línea No. 2 de 180 cm de los tanques Chalmita	Parte baja de la col. La Pastora	0.56
5	Tanque rebomdeo GM-8	2° callejón del Carmen, esq. Benito Juárez, col. del Carmen	Planta de bombeo Chalmita	Rebomdeo GM-6, tanque Cuauhtepac Cerro 2	1.50

**Cuadro III.8.** Plantas principales de bombeo y rebomdeo en la delegación GAM. Fuente: SACMEX, 2007.

Para que los usuarios puedan disponer del servicio de agua potable es necesario realizar una adecuada distribución del caudal que ingresa a la delegación, por esta razón se cuenta con dos tipos de redes en operación, primaria y secundaria. La red primaria está integrada por tuberías con diámetro mayor o igual a 20" (510 mm), tiene la función de captar el agua que le suministran los sistemas de abastecimiento para hacerla llegar a la red secundaria, actualmente se tienen 140.82 km. Por su parte, la red secundaria está integrada por tuberías con diámetro menor a 20" (510 mm), tiene la función de captar el agua que le suministra la red primaria, para alimentar a las tomas domiciliarias, actualmente se tienen 1,774.48 km de red secundaria.

En el año 2007 el INEGI reportó un total de 167,815 tomas domiciliarias (SACMEX, 2007), agrupadas según su uso en tres grupos básicos: doméstico (144,077), no doméstico (9,717) y mixto (14,021). A su vez, el INEGI reportó un total de 174,899 medidores instalados, agrupándolos en electrónicos (80,849) y convencionales (94,050).

Para abastecer de agua potable a la población que no cuenta con servicio de tomas domiciliarias existen garzas donde se abastecen los carros cisterna para posteriormente efectuar su reparto; en el cuadro III.9 se relacionan las 3 con que cuenta la delegación GAM; por otra parte, en el cuadro III.10 se muestran las estaciones medidoras de presión.

Nombre	Ubicación	Colonia
Chalmita	Tanque de bombeo Chalmita dentro del deportivo Carmen Serdán	Guadalupe Chalma
San Juanico	Av. Morelos No. 33, San Juan Ixhuatepec	Estado de México municipio de Tlalnepantla
Fortuna	Calle Fortuna s/n entre calz. Guadalupe y Misterios	Tepeyac Insurgentes

**Cuadro III.9.** Relación de garzas en la delegación GAM. Fuente: SACMEX, 2007.

## Drenaje

La delegación GAM tiene un nivel de cobertura en infraestructura de drenaje del 98.56% y se considera de tipo combinado, excepto en la zona de Cuauhtepac donde se tiene instalado drenaje separado. El sistema de drenaje está constituido por colectores principales, los cuales presentan un sentido de escurrimiento de poniente a oriente y desalojan sus aguas residuales por medio de cauces entubados y a cielo abierto, los cuales vierten sus aguas a través de plantas de bombeo pertenecientes a los sistemas Gran Canal, Consulado y algunas de ellas se ubican en pasos a desnivel.

No.	Nombre	Ubicación	Diámetro (pulgadas)	Origen de la línea	Presión medida 2007 (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga de posición
1	Acantilado	Calle de los Acantilados y av. Acueducto de Guadalupe, col. Zona Residencial	48	Tanques Chalmita	0.653	0.300
2	Venus	Calle Venus, col. Nueva Industrial Vallejo	48	Tanques Chalmita	0.000	0.230
3	La Escalera	Instituto Politécnico Nacional y Juan de Dios Bátiz, col. San José Ticomán	48	Tanques Chalmita	0.918	0.300
4	Ticomán	Cienfuegos y calz. Ticomán, col. Residencial Zacatenco	48	Tanques Chalmita	0.765	0.315
5	Calle 325	Calle 325 y Ejido, col. Nueva Atzacocalco	20	Tanques Sta. Isabel	0.478	0.400
6	Talismán	Eje 4 norte Talismán, col. Tres Estrellas	48	Tanques Sta. Isabel	0.148	0.340
7	Gran Canal	Av. Gran Canal y Ángel Albino Corzo, col. Gertrudis Sánchez 2 <sup>a</sup> Sección	48	Tanques Sta. Isabel	0.319	0.220
8	Misterios	Calz. Misterios y av. Fortuna, col. Industrial	48	Tanques Sta. Isabel	0.507	0.395
9	Aragón	Av. Francisco Morazán y calle 1547, col. Villa de Aragón	12	Tanques Sta. Isabel	0.169	0.368

**Cuadro III.10.** Estaciones medidoras de presión en la delegación GAM. Fuente: SACMEX, 2007.

Además, para almacenar momentáneamente y regular los excedentes de agua generadas en las partes altas de la delegación se cuenta con la laguna de regulación Cuautepec. Otro componente que beneficia a la delegación es el sistema de drenaje profundo, constituido por los interceptores Central y Oriente con sus respectivas lumbreras, en el cuadro III.11 se resumen los datos de la infraestructura de drenaje principal de la delegación GAM.

Descripción	Unidad	Cantidad
Red secundaria (diámetro menor a 61 cm)	km	1,488.511
Red primaria (diámetros iguales o mayores a 61 cm y menores a 315 cm)	km	293.224
Cauces a cielo abierto (ríos)	km	18.100
Cauces entubados	km	9.400
Plantas de bombeo y rebombeo	planta	14.000
Plantas de bombeo en pasos a desnivel para vehículos	planta	9.000
Laguna de regulación	laguna	1.000
Interceptor de drenaje profundo	km	40.500
Lumbrera de drenaje profundo	lumbrera	19.000
Estaciones pluviográficas	estación	7.000

**Cuadro III.11.** Resumen de infraestructura de drenaje en la delegación GAM. Fuente: SACMEX, 2007.

En el cuadro III.12 se relacionan los cauces a cielo abierto presentes en la delegación GAM, los cuales suman en su totalidad 18.1 km.

No.	Nombre	Ubicación	Recibe agua de:	Descarga a:	Longitud (km)	
					Total	En la delegación
1	Río de los Remedios	Nace en la descarga del Vaso del Cristo en la av. López Mateos y la calz. de las Armas	Vaso del Cristo, los vasos reguladores Fresnos y Carretas	Interceptor Central del drenaje profundo	15.30	4.10
2	Río Tlalnepantla	Nace en la sierra de Monte Alto		El Río de los Remedios	13.50	2.90
3	Río San Javier	Av. Tlalnepantla	Río Cuauhtepc y aguas abajo se localiza la obra de toma Río San Javier	El Río de los Remedios	25.00	2.50
4	Río Temoluco	Colonias Prados de Cuauhtepc, Tlacaclael y Graciano Sánchez	Las colonias Compositores Mexicanos, Lomas de Cuauhtepc y Chalma de Guadalupe		26.80	1.80
5	Río Cuauhtepc	Camino viejo a Cuauhtepc - Preparatoria		Río San Javier	6.80	6.80

**Cuadro III.12.** Relación de cauces a cielo abierto en la delegación GAM. Fuente: SACMEX, 2007.

Por su parte, el único cauce entubado presente en la delegación es el Gran Canal del desagüe, el objetivo principal de este cauce consiste en drenar, durante la época de lluvias, la zona noreste y durante el estiaje, casi el total de las aguas residuales que se generan en la Ciudad de México. Desde su origen (en San Lázaro), hasta desembocar en los túneles de Tequixquiac, tiene una longitud total de 47.5 km, de los cuales 9.6 km se localizan dentro de la Ciudad de México (7.0 km en la delegación GAM) y los 37.9 km restantes, en el Estado de México; su capacidad de conducción es de 111 m<sup>3</sup>/s. Debido al constante hundimiento del suelo en la Ciudad de México, el Gran Canal del desagüe perdió paulatinamente la pendiente y algunos colectores de la red primaria de drenaje quedaron a un nivel más bajo de la cota natural de este cauce donde descargaban, por lo que se hizo indispensable el empleo de 12 plantas de bombeo para enviar el agua de los colectores al cauce del Gran Canal.

Es importante mencionar que el funcionamiento hidráulico de los colectores fue diseñado para trabajar por gravedad, sin embargo muchos de estos han disminuido su pendiente debido a los hundimientos diferenciales y regionales que sufre la Ciudad de México, por lo que se requiere utilizar equipos de bombeo para evacuar las aguas residuales, teniéndose una capacidad instalada en la delegación GAM de 102.20 m<sup>3</sup>/s; en el cuadro III.13 se relacionan las 5 plantas de bombeo y rebombeo de mayor capacidad.

La laguna de Cuauhtepc constituye la única laguna de regulación con que cuenta la delegación, ésta regula las aguas pluviales que se generan en la zona de Cuauhtepc, tiene una capacidad de

almacenamiento de 192,000 m<sup>3</sup> y una capacidad de regulación de 145,000 m<sup>3</sup>, descargando a la lumbrera 13 del Interceptor Oriente a través del río Cuauhtepac y la captación Zanja Madre. Por otra parte, en el cuadro III.14 se relacionan las instalaciones del drenaje profundo localizadas dentro de la delegación.

No.	Nombre	Ubicación	Recibe agua de:	Envía agua a:	Capacidad (m <sup>3</sup> /s)
1	5-Gran Canal	Av. Gran Canal entre río Consulado y Oriente 81, col. Malinche	Colector 9	Gran Canal	8.60
2	6-Gran Canal	Calle Norte 94 y Oriente 101, col. Gertrudis Sánchez	Colector 11, colector 11-A y colector 11-B	Gran Canal	20.00
3	6-A-Gran Canal	Av. Gran Canal y Talismán, UH San Juan de Aragón	Colector avenida 503 y colector avenida 510	Gran Canal	13.00
4	7-Gran Canal	San Juan de Aragón y av. Gran Canal, col. Héroes de Chapultepec	Colector 13 y colector 15	Gran Canal	20.00
5	8-Gran Canal	Calle 34 y 331, col. Nueva Atzacualco	Colector calle 314 y 331 Gran Canal	Gran Canal	9.00

**Cuadro III.13.** Principales plantas de bombeo y rebombeo de aguas residuales en la delegación GAM. Fuente: SACMEX, 2007.

Nombre del interceptor	Ubicación		Diámetro (m)	Longitud en la delegación (km)	Descarga a:
	Calles	Colonias			
Interceptor Central	José María, Doctor Vértiz, Guerrero Rosales y Lázaro Cárdenas	Roma Sur, Guerrero, Guadalupe Victoria, Valle del Tepeyac, Vallejo, La Patera y Acueducto de Guadalupe	5	16	Emisor Central
Interceptor Oriente	Francisco del Paso y Troncoso e Ing. Eduardo Molina	Tlazintla, San Miguel, Coyuya, Ampl. Gabriel Hernández, Granjas México, Jorge Negrete, La Pastora y Martín Carrera	5	24.5	Emisor Central
Interceptor Río de los Remedios	Norte 92A	Ampl. Casas Alemán, UH La Esmeralda			Interceptor Oriente

**Cuadro III.14.** Sistema de drenaje profundo en la delegación GAM. Fuente: SACMEX, 2007.

#### Agua residual tratada

Las áreas verdes existentes en la delegación GAM (sin considerar la parte alta de Cuauhtepac), suman en total 8.13 km<sup>2</sup>, la cuales se irrigan con agua residual tratada, una importante área de la zona industrial Vallejo en la delegación Azcapotzalco utiliza también esta calidad de agua en sus procesos industriales, suministrada por la red de distribución con parte del afluente generado por la PTAR Acueducto de Guadalupe. En la delegación existen dos PTAR (cuadro III.15), una está concesionada a particulares y la otra es operada por el SACMEX; adicionalmente, se cuentan con 142.169 km de distribución y 3 garzas para abastecer de agua

tratada a los carros tanque que se encargan de distribuir el líquido a las áreas que aún no cuentan con red.

Nombre	Ubicación		Capacidad (l/s)		Recibe agua de:	Envía agua a:	Observaciones
	Calle	Colonia	Instalada	Operación			
San Juan de Aragón	Av. 502 esq. Tlacos	UH San Juan de Aragón	500	250	Colector Oceanía y colector de av. 506	Llenado del lago y riego de áreas verdes	Calidad a nivel terciario
Acueducto de Guadalupe	Boulevard del Piélagu, entre Boulevard Temoloco y Acueducto de Guadalupe	Acueducto de Guadalupe	110	100	Colector Acueducto de Guadalupe	Riego local y zona industrial de Vallejo	Calidad a nivel terciario

**Cuadro III.15. PTAR en la delegación GAM. Fuente: SACMEX, 2007.**

La distribución del agua tratada requiere una cobertura lo más eficiente y completa posible, misma que debe ser ampliada continuamente para satisfacer la demanda de los consumidores que, al recibirla, liberan en igual volumen el agua potable con la que en la actualidad están cubriendo servicios en los que no se requiere de esa calidad.

La red de distribución está integrada por diámetros que van de 7.5 a 50 cm, y tiene la función de distribuir el agua tratada en las plantas y suministrarlas a los consumidores. Los usuarios potenciales en la delegación se encuentran en la zona industrial; adicionalmente, el agua residual tratada se utiliza para: riego del deportivo Zarco, deportivo Los Galeana, liga Anáhuac, bosque San Juan de Aragón, liga de béisbol Avispones, Instituto Politécnico Nacional, parque 18 de Marzo y zoológico San Juan de Aragón, además de la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos, Transportes Autobuses de Estrella Blanca y autolavados.

### III.2.1. Problemática en el suministro de servicios hidráulicos

Como ya se mencionó anteriormente, la delegación GAM tiene un nivel de cobertura de abastecimiento de agua potable del 98.3% del total de viviendas particulares, el otro 1.7% restante se ubica principalmente en la parte alta de Cuauhtepc, que a pesar de tener instalada su red de distribución, las estructuras de abastecimiento y bombeo resultan insuficientes para proporcionar adecuadamente el servicio, por tal motivo, el agua se les distribuye en forma alternada mediante un servicio intermitente.

La delegación se encuentra asentada sobre la zona lacustre adyacente al antiguo Lago de Texcoco, por lo que resulta inconveniente la perforación de pozos profundos, ya que la calidad del agua es deficiente y no puede ser utilizada directamente para el consumo humano; al respecto, se ha iniciado la construcción de plantas potabilizadoras a pie de pozo para adecuar los parámetros que están fuera de norma, lo que encarece el servicio por el empleo de estas

fuentes. Adicionalmente, en el corto plazo deberá iniciarse la rehabilitación de las fuentes externas que se emplean para el abastecimiento (sistemas Teoloyucan – Tizayuca – Los Reyes, Ecatepec – Los Reyes).

Uno de los principales problemas que afecta severamente a la población de la delegación es que la red de distribución de agua potable es operada con baja presión, debido a la insuficiencia de caudales disponibles para el abastecimiento y a las pérdidas en las redes de distribución, así como al mal estado de la infraestructura para poder incrementar presiones; además, esta situación obliga a que en zonas específicas se realice el suministro de manera intermitente en horarios programados.

Las colonias en las que se opera la red de agua potable con bajas presiones son: Palmita, San Felipe de Jesús, Providencia, Esmeralda, Progreso Nacional, Forestal, Cuauhtepac, Valle del Tepeyac, Martín Carrera, San Juan de Aragón, Malinche, Nueva Tenochtitlán, Industrial, Gabriel Hernández, Ampliación Gabriel Hernández, Casas Alemán, San José de la Escalera, Lindavista, Santa Rosa, San Bartolo Atepehuacan y Ticomán.

En esta delegación se tienen siete colonias con problemas de suministro racionalizado, mismas que representan el 2.90% del total de colonias en la delegación, el cuadro III.16 muestra las colonias que cuentan con servicio intermitente.

No.	Colonia	Días	Horario
1	Ampliación Arboledas	Lunes, miércoles y viernes	01:00 a 13:00 h
2	Arboledas	Lunes, miércoles y viernes	01:00 a 13:00 h
3	La Casilda	Cada 3 días	01:00 a 11:00 h
4	La Pastora	Cada 3 días	06:00 a 15:00 h
5	Palmatitla	Lunes, miércoles y viernes	01:00 a 13:00 h
6	6 de Junio	Martes, jueves y sábado	01:00 a 11:00 h
7	Gabriel Hernández, Zona José	Dos días sí y dos días no	12 h

**Cuadro III.16.** Colonias con servicio de agua potable intermitente en la delegación GAM. Fuente: SACMEX, 2007.

Otro de los graves problemas que afectan a la delegación son los cortes en el suministro del servicio de agua potable, sobresaliendo las colonias: Martín Carrera, Estrella, Industrial, Lindavista, Santa Isabel Tola, Tres Estrellas y Emiliano Zapata.

---

---

Un problema serio que ha afectado el abastecimiento de la delegación, es la presencia de fugas de agua potable en la red, ocasionadas por la ruptura o dislocamiento de las tuberías, debido a los hundimientos diferenciales y regionales sufridos por el terreno; sobresaliendo en este caso las colonias: Atzacolco CTM, Martín Carrera, Industrial y Lindavista.

En la delegación se tiene también la presencia de grietas que afectan el suministro, la activación de tales grietas se debe básicamente a dos mecanismos; en primer lugar, en las zonas donde se encuentra el cambio entre tipos de suelo, es decir, entre la zona 2 (transición) y zona 3 (de lago) se generan esfuerzos de tensión provocando agrietamiento y la ruptura de la infraestructura hidráulica y al mismo tiempo genera fugas de agua, acelerándose con esto la formación de la grieta. En segundo lugar, debido a la desecación de las arcillas se generan agrietamientos superficialmente y en época de lluvias el agua pluvial se infiltra y acelera la formación de las mismas. En la delegación se tienen identificadas 10 zonas de grietas en 7 colonias: San Bartolo Atepehuacan, Planetario Lindavista, Salvador Díaz Mirón, Nueva Atzacolco, Villa Hermosa, 25 de Julio y Deportivo Los Galeana.

En cuanto a la prestación del servicio de drenaje, el área de la delegación que se ubica en las partes altas de Cuauhtépec no cuenta con infraestructura de drenaje, parte de la problemática es que en muchas de las viviendas de esta área no se cuenta con las instalaciones de captación y conducción para el drenaje, por lo que realizan sus descargas a cielo abierto, provocando focos de infección para los mismos habitantes, además de contaminar el suelo que potencialmente puede llegar a afectar al manto acuífero.

Las colonias que necesitan una atención prioritaria en cuanto al servicio de drenaje son: Malacates Secciones I y II, Tlalpexco, Lomas de Cuauhtépec, Vista Hermosa, Arboledas (parte alta), Ampliación Arboledas, La Casilda (parte alta), Ampliación Forestal, Lomas de San Miguel, Cocoyotes (parte alta), Ticomán (calle 27 de Septiembre), Granjas de Ticomán (parte alta), Castillo Chico (parte alta) y Chalma de Guadalupe.

Otro problema que afecta a la delegación son los encharcamientos, generados por el azolvamiento de las tuberías y la existencia de contrapendientes en la red de drenaje, generadas por los hundimientos regionales y diferenciales del terreno. A manera de ejemplo, en el año 2008 se registraron en la delegación 281 encharcamientos (20.16% de los 1,394 reportes en toda la Ciudad de México) en 86 colonias, entre las cuales sobresalen: Acueducto de

---

---

Guadalupe zona residencial (7 reportes), Chalma de Guadalupe (9 reportes), Industrial (8 reportes), La Pradera (10 reportes), Lindavista (10 reportes), Nueva Atzacolco (11 reportes), San Juan de Aragón sexta sección UH (16 reportes) y Vasco de Quiroga (7 reportes).

En lo que corresponde al agua residual tratada, ésta es empleada en el total de las áreas verdes que existen en la delegación, además de una gran parte de las industrias en la zona de Vallejo, por lo que se considera que la delegación no presenta problemas de importancia en cuanto a la producción y abastecimiento de este recurso. Cabe mencionar que la planta de tratamiento San Juan de Aragón opera a la mitad de su capacidad, esto ocasionado por los hundimientos diferenciales y regionales del terreno que han afectado a los tanques de sedimentación y de almacenamiento de agua tratada.

#### Alternativas de solución

En lo concerniente al sistema de agua potable de la delegación GAM, para contribuir a resolver la problemática, se han definido y se están implementando por las autoridades delegacionales y del SACMEX, las siguientes políticas de carácter general:

- Operar de manera continua, con mayor eficiencia y eficacia, los componentes del sistema hidráulico. Aprovechar al máximo y de manera equitativa los caudales que se integran a la delegación con base en la prioridad del uso al que se destinen, y construir la infraestructura que se requiera para ello.
- Reforzar los mecanismos que obliguen a los habitantes a usar de manera eficiente el agua y reducir sus consumos, sin dejar de satisfacer sus necesidades ni afectar el desarrollo de las actividades productivas.
- Continuar suministrando el agua que la población requiere con la calidad adecuada para su consumo mediante el monitoreo permanente desde las fuentes de abastecimiento hasta las tomas domiciliarias.
- Ampliar la sustitución de agua potable por agua residual tratada en aquellos usos en que esto sea factible, tales como el riego de áreas verdes, en usos comerciales y en algunos procesos industriales y agrícolas.

Para lograr que las políticas antes planteadas se cumplan, de manera particular se ha identificado la necesidad de realizar las siguientes acciones en el corto plazo:

- Intensificar los programas de detección y eliminación de fugas en las redes de

---

---

distribución.

- Continuar el programa permanente de control de calidad del agua potable.
- La continuación de los programas de rehabilitación y sustitución de pozos para el abastecimiento de agua potable.

En lo referente al suministro del servicio de drenaje, es de destacar la importancia de continuar desalojando en forma oportuna y adecuada las aguas residuales y pluviales que se generan en la delegación, para lo cual se han planteado las siguientes políticas generales:

- Definir e implementar formas alternas de saneamiento en las zonas que carezcan de infraestructura de drenaje.
- Incrementar la infraestructura para el saneamiento y desalojo de los caudales generados, principalmente en la época de lluvias.

Para lograr que éstas políticas se cumplan, se ha definido las siguientes líneas de acción:

- Realizar las ampliaciones de infraestructura, básicamente de colectores y redes secundarias, que contribuyan a desalojar de manera más oportuna los caudales de agua residual y pluvial que se generan en la delegación.
- Concluir la construcción de colectores marginales en la parte alta de la delegación para terminar el programa de saneamiento de cauces y barrancas de la Ciudad de México.
- Construir drenaje separado en aquellos sitios en que esto sea factible.
- Continuar en forma permanente los programas de limpieza y desazolve en las redes y cauces.

Finalmente, en lo relativo al agua residual tratada, a mediano plazo y de acuerdo con la identificación de zonas que requieren el suministro de este recurso, se propone el crecimiento de la infraestructura de redes de distribución.

### **III.3. Delimitación del estudio**

El gobierno de la Ciudad de México, a través del SACMEX, tiene la responsabilidad de mantener actualizado el registro de la infraestructura hidráulica.

Asimismo, ocupa un lugar relevante su conservación, y para ello en primera instancia se requiere de un control de los activos con que cuenta, y por otro lado es necesario llevar a cabo estudios, análisis, operación y mantenimiento de la infraestructura bajo su cargo, con la

---

---

finalidad de mantener niveles aceptables de servicio a los usuarios.

De acuerdo con la información con que cuenta el SACMEX, se observó una diferencia significativa entre la información de campo y la registrada en los planos de la dependencia, por esta razón se requirió de manera urgente, un Catastro detallado y real de la infraestructura hidráulica que ayude a mantener el control en la operación del día a día y que oriente con criterios específicos a direccionar las acciones necesarias para la rehabilitación de redes y el mantenimiento de válvulas, tanques, tuberías y demás infraestructura de agua potable del macrosector I.

Por ello, el SACMEX contrató la actualización del Catastro de la infraestructura hidráulica de agua potable con la finalidad de generar la información en archivos digitales que conformen la base de datos de los elementos físicos en un SIG.

Para que el Catastro cumpla con los requerimientos del SACMEX, debieron desarrollarse importantes actividades de campo y gabinete, que en ocasiones fueron simultáneas, por lo que se debió contar con una organización bien estructurada desde un inicio, en cuanto al personal y equipo a utilizar, para que la ejecución de los trabajos fuera realizada en tiempo y forma.

Por otra parte, debido a la gran cantidad de información que se genera como resultado del levantamiento de las redes hidráulicas, fue de vital importancia considerar el apoyo de medios electrónicos, con la gran versatilidad y ventajas que éstos representan; para lo cual el SACMEX desarrolló un SIG, del cual se tomaron todos los formatos a utilizar para el Catastro, algunos de ellos se muestran en las figuras III.5 y III.6.

Respecto al personal, se consideraron brigadas de campo de 3 o 4 personas dependiendo la cantidad de estructuras previstas en la ruta de trabajo, integradas por personal calificado y con amplia experiencia para desarrollar estos trabajos; así también, se requirió de personal en gabinete con experiencia en proyectos de agua potable, para analizar la congruencia de la información obtenida de campo.

Así pues, como parte del seguimiento al Catastro de la ciudad para disminuir problemas de falta de servicio, por el desconocimiento de la infraestructura, falta de capacidad para recibir los caudales y distribuirlos así como el cumplimiento de la vida útil de la infraestructura de agua potable, el SACMEX, a través de licitación pública nacional de No. LO-909004999-N162-2013, realizó la contratación de empresas que cumplan con el perfil para realizar el Catastro del

macrosector I, que incluye las delegaciones de GAM y Azcapotzalco, el cual tiene una extensión territorial de 127.67 km<sup>2</sup> y una población de 1,611,070 habitantes de acuerdo al censo del año 2010, a los cuales, se pretende mejorar sustancialmente la dotación del servicio, requiriéndose para esto como primer paso, la actualización del Catastro de la infraestructura hidráulica de agua potable que actualmente da servicio a los habitantes de este macrosector, misma que será el punto de partida para realizar la modelación del funcionamiento hidráulico de la red de agua potable y lograr así una redistribución equitativa de los caudales entregados para su aprovechamiento.

PLANEACION SISTEMAS Y CONTROL S.A. DE C.V. LEVANTAMIENTO DE CAJAS DE VALVULAS SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MEXICO (SACM)					
DELEGACION	GUSTAVO A. MADERO	MACRO	I	SECTOR	
NUMERO DE CAJA:		FECHA:		PLANO	
UBICACION Y ESTADO DE LA CAJA					
CALLE:		ESQ:			
COLONIA:		ENTRE CALLE:			
		Y CALLE:			
TIPO DE CALLE:	(E) EMPEDRADA	(P) PAVIMENTADA	(T) TIERRA	(C) CONCRETO	(A) ADOQUIN
	(O) OTRO				
TRANSITO VEHICULAR:	(I) INTENSO	(M) MODERADO	(B) BAJO	(N) NO EXISTE	
UBICACION LONGITUDINAL:	(C) CRUCERO	(I) INTERMEDIA EN CUADRA			
UBICACION TRANSVERSAL:	(B) BANQUETA	(A) ARROYO	(C) CAMELLON		
TAPAS A NIVEL DE LA CALLE:	(A) MAS ALTA	(B) MAS BAJA	(C) A NIVEL		
TIPOS DE TAPAS	(C) CONCRETO CON MARCO METALICO	(F) FIERRO FUNDIDO	(M) MARIMBAS		
ESTADO DE TAPAS:	(S) SELLADAS	(E) ENTERAS	(C) SIN BISAGRAS	(R) ROTAS	(P) SIN PERNOS
	(A) AGRIETADAS				
TRABAJO REQUERIDO:	(A) APERTURA	(D) DESASFALTAR	(N) NIVELAR	(R) REMPLAZAR	(O) NINGUNO
INVENTARIO					
NO DE TUBO	DIAMETRO	MATERIAL	PROF A PLANTILLA	CAJA SIGUIENTE	PLANO ADYACENTE
FOTOGRAFIAS					
Fotografia de Localización			Detalle de la tubería		
COORDENADAS UTM			NUMERO DE TAPAS		
N=					
E=					
ELEVACION=	msnm	Niveló		HOJA:	
		Firma		1/2	
FACILIDAD DE APERTURA:					
	(F) FACIL	(R) REGULAR	(D) DIFICIL		
PRESENCIA DE GASES:					
	(N) NULA	(L) LEVE	(R) REGULAR	(P) PELIGROSO	
ESTADO ORIGINAL :					
	(L) LIMPIA	(I) INUNDADA	(B) CON BASURA	(A) AZOLVADA	
CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA:					
	(B) BUENA	(A) ACEPTABLE	(D) DEFICIENTE		
CONDICIONES DE LAS VALVULAS:					
	(B) BUENAS	(A) ACEPTABLES	(M) MALAS		
FUGAS EN LOS TUBOS DE LAS VALVULAS:					
	(N) NULO	(G) GOTEO	(F) FUERTE		
MATERIAL DE LA TUBERIA					
	(R) CONCRETO REFORZADO	(P) PAD	(C) ASBESTO CEMENTO	(V) POLICLORURO DE VINILO	(O) OTRO
DATOS DE LA CAJA					
DIMENSIONES DE LA CAJA (m):	LARGO:	ANCHO:	PROFUNDIDAD:		
PROFUNDIDAD APROX. DE LOS TUBOS (m):	MAXIMA:	MINIMA:			
DIAMETRO DE PIEZAS ESPECIALES				LOCALIZACION	METROS A REFERENCIAS
Nº PIEZA	PIEZA	DIAMETRO (pulgadas)	MATERIAL		
1					A.
2					B.
3					C.
4					D.
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
DESPIECE EN PLANTA ( PERFIL DE SER NECESARIO)					
OBSERVACIONES					
Supervisor SACM					
Ing. Miguel Alza Mijas		Planeación Sistemas y Control		Supervisor	
Firma		Firma		Firma	
				HOJA:	
				2/2	

Figura III.5. Formato para el levantamiento de cajas, SIG SACMEX. Fuente: SACMEX, agosto 2013.

Si bien como ya se mencionó anteriormente, el macrosector I comprende las delegaciones GAM y Azcapotzalco, es importante mencionar que el presente trabajo se enfoca únicamente al estudio y revisión del Catastro hidráulico efectuado en la delegación GAM, la cual se subdivide en dos zonas hidráulicas importantes: la zona baja de la GAM y la zona alta de Cuauhtémoc,

ambas zonas pertenecientes a la delegación pero con funcionamiento hidráulico independiente derivado de sus condiciones topográficas.

GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE SISTEMAS DE AGUA DE LA CIUDAD DE MÉXICO DIRECCIÓN GENERAL DIRECCIÓN DE SECTORIZACIÓN		GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE SISTEMAS DE AGUA DE LA CIUDAD DE MÉXICO DIRECCIÓN GENERAL DIRECCIÓN DE SECTORIZACIÓN		
FOLIO:	LEVANTAMIENTO DE POZOS	FOLIO:	LEVANTAMIENTO DE POZOS	
FORMATO: FP-1		FORMATO: FP-1		
IDENTIFICACIÓN DEL POZO				
NO. DE POZO	NOMBRE DEL POZO			
DELEGACIÓN:	MACRO:	SECTOR:		
PLANO:	FECHA:			
UBICACIÓN Y ESTADO DEL POZO				
CALLE:	DENTRE CALLE:	Y CALLE:		
COLONIA:	ESTADO FÍSICO:		ANTIGÜEDAD:	
COORDENADAS (UTM) N	E	COTA DE NIVEL:		
CARACTERÍSTICAS DEL POZO				
PROFUNDIDAD TOTAL:	ANCHO:	LARGO:		
DIÁMETRO ADIEM:	SACA ARENA:	REHABILITACIÓN:		
HORAS DE OPERACIÓN TOTAL:	HORAS DE OPERACIÓN AL DÍA:		GASTO AFORD:	
NIVEL ESTÁTICO:	NIVEL DINÁMICO:	TIPO DE INSTALACIÓN:		
OBSERVACIONES:				
BOMBA 1 (O)				
MARCA:	MODELO:	TIPO:		
NO. DE PASOS:	COLUMNA LONG:	DIÁMETRO:		
FUNDA DIÁMETRO:	FLECHA DIÁMETRO:	CABEZAL DIAM. SUCC:		
DIAM. SECC:	CARGA:	POTENCIA:		
R.P.M.:	GASTO NOMINAL:	EFICIENCIA:		
NO. DE SERIE:	NO. ECONÓMICO:			
OBSERVACIONES:				
DATOS DE PONTANERÍA Y ACCESORIOS				
VALVULAS	SECCIONAMIENTO	RETENCIÓN	ALIVIO	V.A.E.A
MARCA:				
CLASE:				
TIPO:				
MATERIAL:				
DIÁMETRO:				
ESTADO APARENTE:				
OPERA:				
FUNCIÓN:				
CANTIDAD:				
TELEMETRÍA				
CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS:				
OPERA:				
OBSERVACIONES:				
CABLES				
TIPO: CALIBRE: # HILOS POR FASE:				
ARRANCADOR 1				
MARCA:	TIPO:	CAPACIDAD:		
VOLTAJE DE OP.	VOLT. DE CONTROL:	AMP. ELEMENTO TERM.		
CAP. INTERRELECT.	NO. ECONÓMICO:	SERIE:		
CABLES				
TIPO: CALIBRE: # HILOS POR FASE:				
CAPACITOR 1				
MARCA:	CAPACIDAD:	NO. ECONÓMICO:		
MODELO:	FASES: VOLTAJE:			
SUBESTACIÓN				
MARCA:	TIPO:			
VOLTAJE DE OPERACIÓN:	NO. ECONÓMICO:	VOLTAJE AT.		
NO. DE SERIE:				
OBSERVACIONES:				
CLORADOR 1				
MARCA:	TIPO:	CAPACIDAD KW:		
MODELO:	NO. ECONÓMICO:	CAPACIDAD GPD:		
VOLTAJE DE OP. NO. DE SERIE:				
OBSERVACIONES:				

Figura III.6. Formato para el levantamiento de pozos, SIG SACMEX. Fuente: SACMEX, agosto 2013.

### Objetivos:

- Conocer detalladamente la infraestructura hidráulica con que cuenta la delegación GAM para el suministro y distribución de los caudales entregados.
- Obtener mediante el llenado de fichas técnicas (formatos) y planos, el estado físico actual y la configuración de la infraestructura existente.
- Actualización del Catastro para ubicar gráficamente y de manera expedita, cada uno de los componentes y accesorios que conforman el sistema de agua potable del macrosector I, figura II.28.
- Contar con un inventario de la infraestructura existente y con información actualizada

---

---

que permita realizar eficientemente las labores de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento en los sistemas de agua potable del macrosector I.

- Contar con un inventario de la infraestructura existente y con información actualizada que permita realizar eficientemente las labores de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento en los sistemas de agua potable del macrosector I.

### Metodología

El trabajo de Catastro hidráulico debe circunscribirse en las labores técnicas de planeación de rutas, referenciación, nivelación e inspección de cajas de válvulas, así como en el análisis de los datos obtenidos en campo, presentándolos en forma documental y gráfica. Estas actividades constituyen una secuencia de ejecución en la que todas son igualmente importantes.

En ocasiones la secuencia normal del Catastro se ve afectada por la necesidad de ejecutar trabajos extraordinarios o especiales, como son: la búsqueda de tapas ocultas por el asfalto, la renivelación de cajas y el desazolve o achique de cajas de válvulas.

Los trabajos especiales y administrativos también forman parte del proceso de ejecución dado que son de suma importancia para consolidar la información recabada en campo y contribuyen a la optimización de las actividades realizadas, pero se programan y realizan conforme son requeridos, lo anterior con previo conocimiento y autorización de la supervisión y del SACMEX, procurando reducir al mínimo los tiempos de espera para las actividades de rutina.

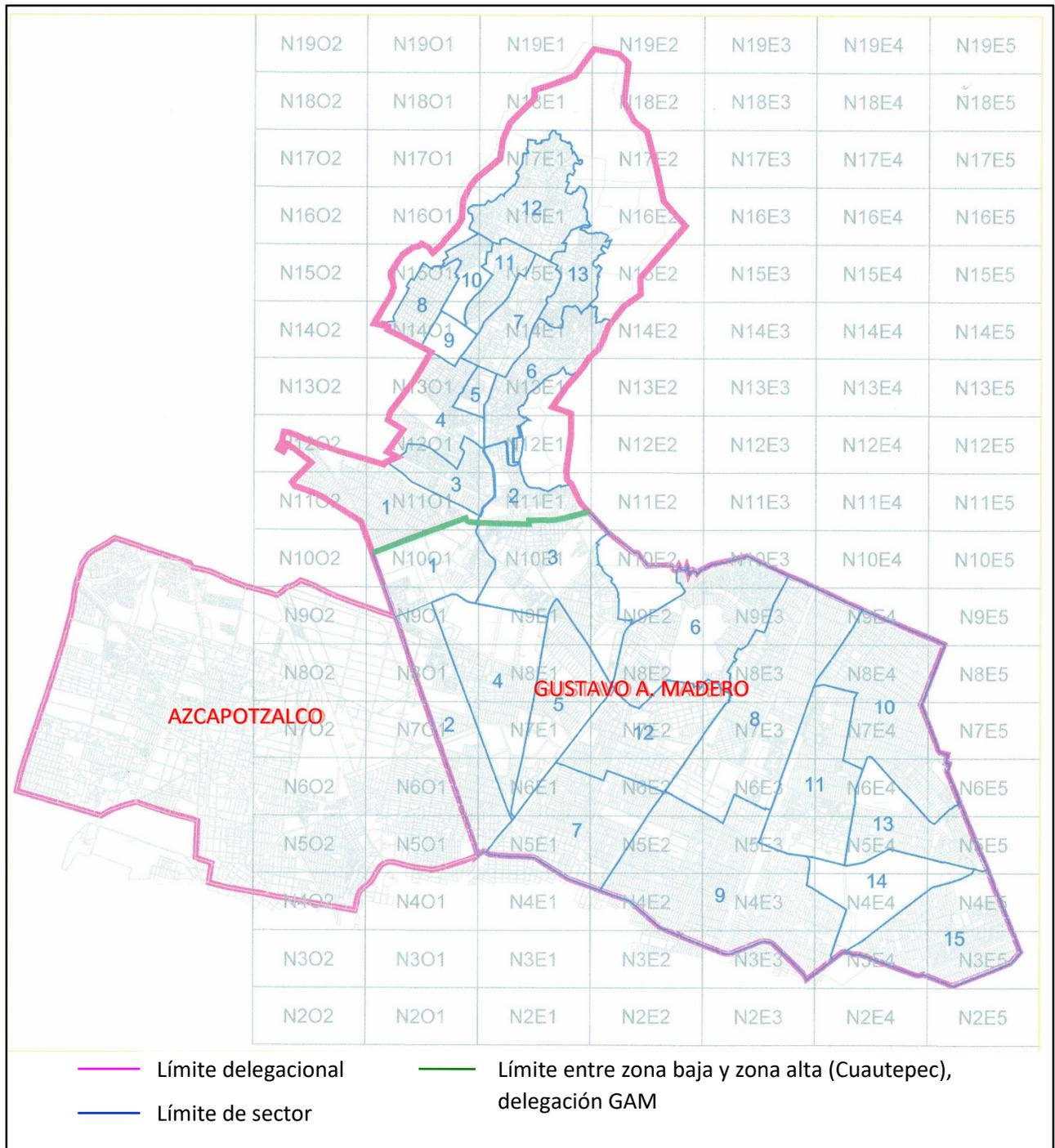
La definición de la ubicación del área de estudio, su extensión y el tipo de red, fue indicada por el SACMEX en un plano que proporcionó para eliminar pérdidas de tiempo y duplicidad en los trabajos asignados al ejecutor (figura III.7).

Todos los trabajos y actividades de campo y de gabinete estuvieron continuamente monitoreadas y revisadas tanto por la supervisión interna del SACMEX como por la supervisión externa representada por una empresa particular con la experiencia necesaria para revisar este tipo de proyectos.

Las especificaciones más importantes de los trabajos a realizar se establecieron en los términos de referencia (TDR), por lo que fue indispensable que el ejecutor conociera el contenido al preparar su propuesta y cualquier duda fue externada y resuelta en la junta de aclaraciones realizada en el SACMEX.

La definición de aspectos no considerados en los TDR, o la modificación de una o varias de las

normas contenidas en ellos, se realizó en la junta de aclaraciones para que las propuestas fueran apegadas a las actividades requeridas.



**Figura III.7.** Plano de referencia (sectorización en la delegación GAM). Fuente: SACMEX, agosto 2013.

Fue importante que el contratista analizara bien sus tiempos de ejecución y la calendarización de las actividades, para terminar los trabajos en el tiempo estipulado por el SACMEX, que para este caso fue de ocho meses (figura III.8).



# SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO



DESCRIPCIÓN DE LA OBRA:  
 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA EXISTENTE EN EL MACROSECTOR I, DELEGACIONES GUSTAVO A. MADERO Y AZCAPOTZALCO.

CONCURSO SACMEX:  
 FECHA DE INICIO:  
 FECHA DE TERMINACIÓN:

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	MESES											
			1	2	3	4	5	6	7	8				
1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	INFORME	1.00	20%	20%	20%	20%	20%							
2 RECORRIDOS PRELIMINARES	KM2	60.00	10%	30%	30%	30%								
3 NIVELACIÓN DE TAPAS	TAPA	4,100.00		10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
4 ACTUALIZACIÓN DE PLANIMETRÍA	KM2	90.00		10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
5 INSPECCIÓN Y REFERENCIACIÓN DE CAJAS	CAJA	4,100.00		10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
6 UBICACIÓN Y REFERENCIACIÓN DE ESTRUCTURAS ESPECIALES	ELEMENTOS	250.00	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
7 DETECCIÓN Y UBICACIÓN DE CAJAS	PIEZAS	60.00			20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
8 DESASFALTADO DE TAPAS	PIEZAS	200.00		15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
9 APERTURA DE TAPAS SELLADAS	PIEZAS	200.00		15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
10 DESAZOLVE O ACHIQUE DE CAJAS (HASTA 1 M3)	CAJAS	1,000.00			20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
11 REVISIÓN DE CONGRUENCIA DE AGUA POTABLE	KM2	115.00		20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
12 ELABORACIÓN DE PLANOS ESC. 1:2000	PLANOS	82.00		20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
13 TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN A LA BASE DE DATOS DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA DEL SACMEX	LOTE	1.00			15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
14 INTEGRACIÓN DEL INFORME FINAL	INFORME	1.00								30%	30%	30%	30%	40%

Figura III.8. Calendarización estipulada por el SACMEX para la realización del Catastro hidráulico del macrosector I. Fuente: SACMEX, agosto 2013.

---

---

Además, el ejecutor debió conocer ampliamente las normas de proyecto y especificaciones de construcción para los sistemas de agua potable del SACMEX y la CONAGUA, en la cuales se basaron los criterios para desarrollar el Catastro.

El ejecutor consideró en su propuesta la gestión para obtener permisos ante las autoridades competentes para la realización de trabajos de campo en vialidades importantes o en zonas de alto vandalismo; así como también para solicitar de manera oficial el apoyo de otras instituciones afines para recopilar información antes de iniciar el proyecto o durante el transcurso del mismo.

A continuación se presenta una lista de actividades de acuerdo con su orden normal de ejecución, enmarcándose los alcances y delimitación del presente estudio entre las actividades 1 a 12:

1. Recopilación y análisis de información.
2. Recorridos preliminares.
3. Nivelación de tapas.
4. Actualización de planimetría.
5. Inspección y referenciación de cajas.
6. Georeferenciación de cajas con GPS.
7. Detección y ubicación de cajas.
8. Ubicación y referenciación de estructuras especiales.
9. Desasfaltado de tapas.
10. Apertura de tapas selladas.
11. Desasolve o achique de cajas.
12. Revisión de congruencia de agua potable.
13. Elaboración de planos escala 1:2000.
14. Transferencia de información a la base de datos de infraestructura hidráulica del SACMEX.
15. Integración del informe final.

Asimismo, para el desarrollo de las actividades enlistadas anteriormente, se siguieron las siguientes recomendaciones estipuladas por el SAMEX:

- Cuando existan cajas de válvulas demasiado antiguas y abandonadas, es conveniente

---

---

consultar con las áreas de operación sobre el manejo de las cajas en las que se tengan dudas de su funcionamiento y efectuar los comentarios correspondientes en el apartado de observaciones. En caso de que no operen esas estructuras no se harán obras de desasfaltado, desazolve o achique.

- Cuando en el sitio en consideración esté programado repavimentar o hacer alguna obra importante a corto plazo (confirmarlo con las autoridades delegacionales), si se realizarán las actividades de nivelación e inspección podrán hacerse normalmente.
- De encontrarse cajas de válvulas con losa más alta que el pavimento, no se hará ninguna obra, únicamente se reportará en el formato de inspección de cajas. Sin embargo, esto no será obstáculo para inspeccionarla.
- Las tapas de cajas de válvulas ocultas en camellones, parques andadores u otros sitios adoquinados o con otro acabado especial, no se desasfaltarán, a menos que se obtenga una autorización particular. Pero si se deberán ubicar y referenciar cuando haya seguridad que se trata de estructuras hidráulicas.
- Si el agua u otro elemento impide obtener los datos de una caja de válvulas, se hará el achique hasta un nivel donde se puedan tomar esos datos y apreciar las posibles causas del problema.
- Los trabajos de localización de estructuras ocultas (pavimentadas) en vías rápidas o avenidas muy importantes, que impliquen riesgos al personal o interrupciones al tránsito vehicular, deben programarse de común acuerdo con las autoridades correspondientes.
- Todos los trabajos especiales deben controlarse para su autorización y cobro mediante el empleo de los formatos autorizados por el SACMEX, mismos que utiliza el SIG.

#### **III.4. Aplicación del método**

El Catastro es un inventario de la totalidad de los bienes de un país o región de éste, permanente y metódicamente actualizado mediante el cartografiado y los datos asociados a éste en todos sus ámbitos. En este caso referido a la infraestructura de agua potable de la delegación GAM, perteneciente al macrosector I. Para lograr lo anterior se contó con la siguiente línea inicial de trabajo:

- Delimitación del universo de estudio.

- 
- 
- Establecimiento de estándares del proceso de inspección.
  - Mecanismos de coordinación para la realización de trabajos de campo.
  - Identificación de mecanismos de control y seguimiento de actividades de inspección.
  - Establecimiento de estándares del proceso de documentación.
  - Determinación de formatos y descripción de la base de datos.

Los trabajos se dividieron en dos partes: gabinete y campo. Los trabajos de gabinete se realizaron en tres vertientes: la ordenación y captura de información; la elaboración y actualización de planos y la retroalimentación con la dependencia. El trabajo de campo consistió en el acopio de información, verificación en sitio y elaboración de fichas y reportes técnicos, debidamente referenciados de acuerdo a la nomenclatura utilizada; lo anterior incluye la nivelación de tapas de los registros de cada elemento previamente identificado, dejando en cada punto la referencia utilizada para contar con la numeración que facilite su inspección posterior, ya sea que cuenten con nomenclatura anterior o que haya que asignarles o reponerles la nomenclatura que corresponda.

Conforme a lo anterior se propuso un método de trabajo fundamentado en las actividades de brigadas de campo para ubicar, verificar y documentar los puntos de la red de agua potable que resultan claves en el control del suministro, tales como válvulas, tanques, tuberías e instalaciones especiales.

Uno de los factores que permitió garantizar la efectividad del trabajo realizado y de los productos generados, consistió en realizar un proceso de verificación e inspección final de manera conjunta con la dependencia, como parte de las actividades del proyecto, con objeto de contar con los elementos de validación de la información entregada.

Como labor básica de los trabajos en campo se realizó la nivelación de estructuras y tapas. Para esto se dispuso de la información de bancos de nivel con que cuenta la dependencia, y con esta base se realizaron circuitos de nivelación diferencial con los cuales se obtuvo la nivelación de las estructuras hidráulicas ya sea niveles de brocales en pozos o cotas de terreno en cajas de válvulas o elevaciones de fondo y corona en tanques de almacenamiento, entre otras estructuras.

Con todos los elementos disponibles se procedió a realizar el análisis de información para establecer la conectividad entre estructuras, se elaboraron las fichas técnicas de estructuras y

---

---

cajas de válvulas, estaciones de bombeo y demás estructuras especiales a fin de servir como base para la inspección física. Estas actividades se realizaron de manera interactiva con los trabajos de campo conducentes.

La elaboración de las fichas atiende las necesidades de información descriptivas y detalles y se toman fotografías para contar con la información más completa posible de cada elemento.

Es así que con la finalidad de dar solución a los problemas de abasto de agua y enmarcado en las actividades de conocimiento de la infraestructura de agua potable, el SACMEX llevó a cabo los trabajos de "Levantamiento topográfico para la actualización del Catastro de la infraestructura hidráulica existente en el macrosector I" conformado por las delegaciones Azcapotzalco y Gustavo A. Madero. Lo anterior con la finalidad de contar con la información suficiente y necesaria que sirva de base a las actividades de conservación y mantenimiento, así como para otros como, análisis, modelado y control operativo de la infraestructura en el macrosector I y así el SACMEX cuente con información fidedigna.

#### III.4.1. Recopilación y análisis de información

En primera instancia la recopilación y análisis de información partió de reuniones de trabajo con personal del SACMEX del área de sectorización y automatización, este personal proporcionó información relevante para la realización del proyecto, como son planos impresos y archivos, así como el acompañamiento y la orientación durante los recorridos preliminares para identificación de la infraestructura y en los trabajos de campo. Posteriormente se consultó el Plan Hidráulico Delegacional 2007-2012 de Gustavo A. Madero, elaborado por el SACMEX, obteniéndose con ello el conocimiento general y datos de la infraestructura hidráulica con que cuenta la GAM, misma que ya fue descrita en el subcapítulo III.2.

Dentro de la información recopilada, se obtuvo acceso al documento "Estudios de diagnóstico y planeación integral e integración del cuarto de datos del macrosector I" (EDIPMS-I), elaborado durante el año 2010, el cual cuenta con la información de campo que se muestra en el cuadro III.17, es importante mencionar que en este cuadro se presentan solamente los elementos que fueron relacionados durante la realización del EDIPMS-1, lo cual no quiere decir que sea la infraestructura total existente. Como parte de esta actividad, se recopilaron y analizaron los planos de red primaria y secundaria correspondiente al año 2010, así como el plano con ubicación de cajas de operación de válvulas del EDIPMS-1.

Descripción	Unidad	Cantidad
Pozos operados por el SACMEX	pozo	-
Tanques de almacenamiento	tanque	47
Planta de bombeo	planta	27
Red primaria de agua potable (diámetro de 50 a 122 cm)	km	-
Red primaria de agua potable (diámetro de 50 a 183 cm)	km	140.03
Red secundaria de agua potable (diámetro menor a 8 cm hasta 30 cm)	km	1,687.52
Red secundaria de agua potable (diámetro menores a 50 cm)	km	-
Tomas domiciliarias domésticas	toma	144,569
Tomas no domésticas	toma	6,872
Garzas de agua potable	toma	3
Estación medidora de presión	estación	9
Medidores instalados	medidor	-

**Cuadro III.17.** *Infraestructura actual de servicios hidráulicos en la delegación GAM. Fuente: SACMEX, 2010.*

Los planos anteriormente mencionados se analizaron y sirvieron para localizar aquellas cajas que ya fueron visitadas durante el EDIPMS-I y dirigir los trabajos hacia otras zonas. Asimismo, se analizó el plano de red primaria a fin de ubicar todos los cruceros correspondientes a la misma y hacer las rutas de recorrido para su verificación.

Adicionalmente, se recopiló información actualizada de:

- Censos de población y vivienda (INEGI).
- Datos económicos de la delegación GAM (INEGI).
- Plano de traza urbana de la delegación GAM (INEGI).
- Plano de la red de agua potable (SACMEX).
- Plano topográfico de la Ciudad de México (INEGI).
- Planos en Autocad de sectores de agua potable del macrosector I (SACMEX).

Como resultado de la recopilación de esta información, se obtuvieron los bancos de nivel clasificados de acuerdo al sitio y al tipo de terreno donde se encuentran ubicados, determinándose cuatro tipos:

- Someros o superficiales. Conocidos como ordinarios y cuyas claves pueden tener las iniciales B, C y M, estos bancos se ubican en guarniciones o banquetas.

- 
- 
- Bancos profundos. Se ubican sobre tubos hincados a diferentes profundidades que se apoyan en estratos más estables.
  - Bancos fijos. Se ubican sobre formaciones geológicas estables.
  - Bancos en pozos. Se encuentran en las instalaciones de algunos pozos del SACMEX, en el brocal del pozo o en el terreno.

Es así como en la delegación GAM se cuantificaron 159 bancos de nivel, recopilándose las fichas de los mismos y ubicándolos en un plano con la finalidad de establecer rutas para la actividad de nivelación de tapas.

#### III.4.2. Recorridos preliminares

Esta actividad se realizó en coordinación y previa planeación con el personal del SACMEX, para verificar la confiabilidad de la información recopilada identificando además aspectos como:

- Densidad de estructuras, ubicándolas de manera aproximada en su plano correspondiente.
- Condiciones topográficas.
- Condiciones de urbanización.
- Problemática asociada a los trabajos de campo.

En primera instancia se informó al personal de operación del SACMEX los pormenores de los trabajos por realizar. En esta actividad se dio prioridad a las colonias con mayor incertidumbre en la distribución de las cajas dado que los planos de partida no describen el material de las tuberías de la red de agua potable. Como resultado de la actividad de recorridos preliminares, se observa que la delegación GAM cuenta con 204 unidades territoriales (relacionadas en los cuadros III.2 y III.3) y que esta parte de la ciudad se encuentra densamente poblada, contando con un número importante de locales comerciales de diversos giros.

Se iniciaron los recorridos de campo por rutas planeadas utilizando para ello planos con escala 1:2000, los cuales contenían la información resumida de los documentos consultados; asimismo, en estos planos se anotaron las ubicaciones aproximadas de las cajas y estructuras que no se tenían originalmente registradas, numerándolas a partir del último número identificado en gabinete, aumentado al siguiente cerrado de cien, figura III.9.

En lo concerniente a la ubicación de cajas de válvulas y estructuras especiales, todos estos

---

---

elementos se referenciaron en campo respecto al trazo de calles y avenidas y entre sí mismas, utilizando para ello dos métodos, ya sea mediante la medición directa en campo con cinta o el empleo de estación total; la segunda, asignando a cada estructura coordenadas “X”, “Y” a partir de la cartografía del INEGI digitalizada en medios magnéticos, que es la misma integrada al SIG del SACMEX. El procedimiento a seguir para esta actividad fue:

- Cada estructura en intersección de calles se referencio cuando menos a tres elementos importantes de las esquinas, pudiendo ser: paramentos de construcciones, banquetas o los pozos de visita más cercanos, las distancias obtenidas a cada referencia se plasmaron en el formato de censo de cajas de válvulas de redes que proporcionó el SACMEX (figuras III.5 y III.6).
- Cada estructura entre dos cruceos (en cuadra) se referencio ortogonalmente, respecto al eje de la calle, hacia los paramentos de las construcciones y longitudinalmente, hacia la caja anterior o hacia alguna referencia usada en el cruceo previo; es decir, también en este caso se establecieron tres referencias como mínimo, pero se aclara que todas las distancias entre cajas aparecen en la sección de ubicación del formato antes mencionado.



**Figura III.9.** Recorridos preliminares en la delegación GAM. Fuente: PSC, 2013.

---

---

En el caso de zonas donde no hubo puntos de referencia bien definidos, la referenciación se hizo siguiendo un cadenamamiento continuo de las cajas anteriores. Para el caso de zonas recreativas (bosques y jardines) se formaron circuitos con cadenamamiento continuo sobre andadores existentes, con nomenclatura a cada 100 m y con referenciación de cajas correspondientes hacia estos circuitos. Las medidas se tomaron desde el centro de la tapa, usando cinta de lienzo en forma horizontal. Las referencias y el croquis de localización se consignaron en el formato de censo de cajas de válvulas y en copias de los planos, se confirmó o rectificó la posición previamente señalada de las estructuras.

#### III.4.3. Nivelación de tapas

Una vez realizados los recorridos preliminares, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Planeación de rutas de nivelación. Se programaron las rutas de nivelación con base en la posición relativa y cercanía de las cajas de válvulas, a los bancos de nivel oficiales, para lo cual se formaron circuitos cerrados de aproximadamente un kilómetro de longitud que partieron de un banco oficial, cuyo trazo se basó en el método de ida y vuelta y en el doble punto de liga, con apoyo en puntos conocidos de algunos bancos auxiliares establecidos en la zona. Para programar las rutas de nivelación se identificaron las cajas de válvulas por medio de la clave conciliada con el SACMEX.
- Elaboración de circuitos de nivelación. Con base en la posición relativa y cercanía de las cajas de válvulas a los bancos de nivel oficiales, se programaron circuitos de nivelación de acuerdo al criterio del ejecutor, en el que el error máximo fuera de  $0.005k$ , en donde  $k$  es la distancia recorrida en kilómetros; los registros se procesaron en un programa de cómputo.
- Nivelación de estructuras. La actividad de nivelación topográfica de estructuras, partió de puntos de liga previamente revisados y autorizados, y se realizaron preferentemente cuando la estructura tuviera asignada una clave de identificación. El nivel se obtuvo del marco de la caja, y cuando este se encontraba en forma inclinada se obtuvo del punto medio del desnivel, estableciendo como referencia un punto marcado con pintura, en la tapa.

Como parte de los trabajos, se entregaron los formatos originales de todas las cajas de válvulas y estructuras especiales existentes en la delegación, levantadas con sus correspondientes

elevaciones, álbum fotográfico y las libretas de campo conteniendo el total de la información de la nivelación diferencial. Los registros de las cotas se llevaron en libretas convencionales para posteriormente vaciarlos a su formato correspondiente (figuras III.10 y III.11).



**Figura III.10.** Proceso de nivelación de tapas en la delegación GAM. Fuente: PSC, 2013.

Para los trabajos de nivelación se utilizaron 159 bancos de nivel oficiales del SACMEX, de los cuales tres fueron del tipo fijo, uno del tipo profundo y 155 del tipo superficial. Se presenta a modo de ejemplo, la ficha del banco de nivel B(N03E04)02 proporcionada por el propio SACMEX (figuras III.12 y III.13). Cabe mencionar que los bancos de nivel oficiales del SACMEX han venido sufriendo hundimientos a lo largo del tiempo, lo cual se ve reflejado en la gráfica de evolución de elevaciones del banco B(N03E04)02, que presenta un hundimiento de 4.753 m en los últimos 24 años.

En el cuadro III.18, se presenta un resumen de las nivelaciones realizadas, las cuales se llevaron a cabo con nivel automático Leica NA720.

  <p style="text-align: center;">GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE SISTEMAS DE AGUA DE LA CIUDAD DE MEXICO DIRECCIÓN GENERAL DIRECCIÓN DE SECTORIZACIÓN</p>  <p style="text-align: center;"><b>SISTEMA DE AGUAS</b> DE LA CIUDAD DE MÉXICO</p> <p style="text-align: center;">LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA EXISTENTE EN EL MARCOSECTOR I</p> <p style="text-align: center;">NIVELACION DE CAJAS</p>					
P.V.	LECTURA +		LECTURA -	ELEVACION	OBS
BN-S15-8				2,225.121	CLAVO
	0.750	2,225.871			
PL			1.207	2,224.664	
	1.439	2,226.103			
C-205			1.598	2,224.505	
PL			1.587	2,224.516	
	1.864	2,226.380			
C-252			1.778	2,224.602	
BN-S15-1A			1.321	2,225.059	TORNILLO
	1.288	2,226.347			
C-241			1.885	2,224.462	
C-240			1.829	2,224.518	
			1.573	2,224.774	
	1.940	2,226.714			
C-239			1.891	2,224.823	
			1.879	2,224.835	
	2.182	2,227.017			
C-238			1.888	2,225.129	
C-253			1.682	2,225.335	
BN-S15-2			2.022	2,224.995	CLAVO
			BN-S15-2	2,224.992	
<b>ERROR DE CIERRE =</b>				0.003	

**Figura III.11.** Formato de tapas niveladas, circuito 21, sector 15. Fuente: PSC, 2013.

#### III.4.4. Actualización de planimetría

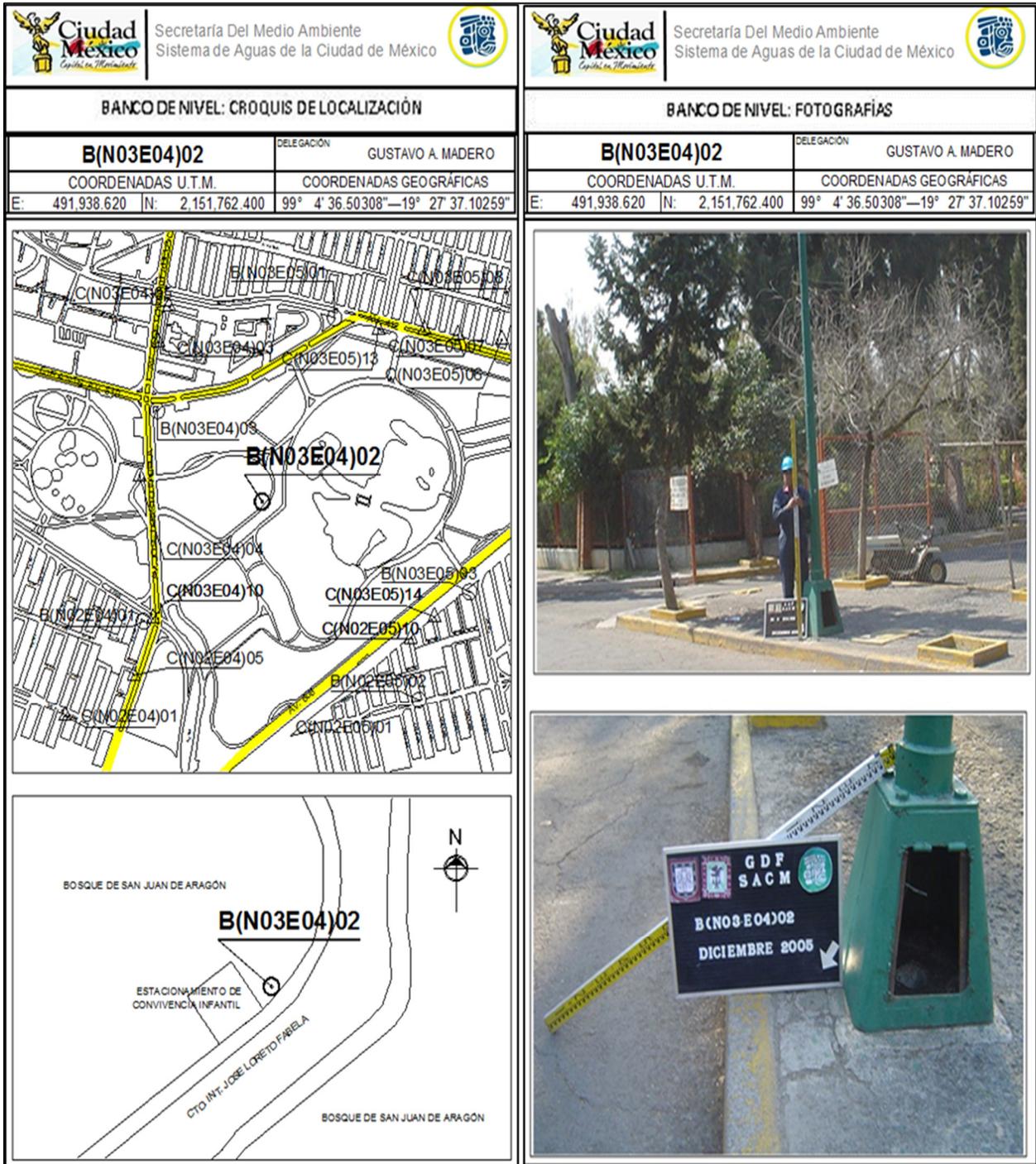
Durante los recorridos también se identificaron inconsistencias y falta de planimetría, los cambios de vialidades, nombres correctos de las calles y avenidas, y todos los detalles que hacen a la planimetría congruente con la realidad. Este apartado comprendió el levantamiento en campo de la planimetría faltante, así como su correspondiente corrección e integración dentro de la información proporcionada por el SACMEX. El concepto de actualización de planimetría considera únicamente aquella área efectiva en la que se realice algún tipo de actualización y no la totalidad del área de estudio.

Se realizó la actualización de planimetría en 111 km<sup>2</sup>, que corresponden aproximadamente al 87% de la superficie total en el macrosector I, delegaciones Azcapotzalco y GAM.

Este rubro consistió en tomar como base el plano con que cuenta el SACMEX y compararlo con el plano del INEGI, el cual contiene información completa y actualizada.

Se realizó la actualización de planimetría en la parte sur, oriente, norte y norponiente de la delegación GAM, en las colonias que la componen.

Se observó que en las colonias mencionadas, el plano con que cuenta el SACMEX no tiene la planimetría completa y en consecuencia falta la toponimia, en otros casos no coinciden los nombres de las calles plasmados, por lo que se optó por dejar los nombres del plano de INEGI.



**Figura III.12.** Localización de banco de nivel (croquis y fotografías). Fuente: PSC, 2013.

<b>BANCO DE NIVEL</b>	<b>B(N03E04)02</b>		DELEGACIÓN	GUSTAVO A. MADERO
DATOS HISTÓRICOS	COORDENADAS U.T.M.		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
	E:	491,938.620	N:	2,151,762.400
			99° 4' 36.50308"—19° 27' 37.10259"	

CIA. QUE NIVELA	BANCO DE PARTIDA		BANCO DE LLEGADA		OBSERVACIONES
	CLAVE	ELEVACIÓN	FECHA	ELEVACIÓN	
C.A.C.U.S.A.	B(N02E04)01	2,232.879	15/07/1984	2,233.181	
C.A.C.U.S.A.	B(N03E05)03	2,232.084	02/12/1985	2,232.929	
I.U.T.S.A.	B(N02E04)01	2,232.327	01/05/1987	2,232.695	
C.A.C.U.S.A.	B(N02E04)01	2,231.776	01/09/1989	2,232.113	
A.C.S.A.	B(N02E04)01	2,231.192	04/06/1992	2,231.540	
T.E.E.P.S.A.	B(N03E04)03	2,231.413	27/01/1994	2,231.194	
GPO. INDEC	B(N02E04)01	2,230.286	04/07/1996	2,230.628	
S.T.	C(N03E04)04	2,230.687	26/06/1997	2,230.408	
SUR	C(N03E04)04	2,230.422	04/10/1998	2,230.105	
ORVI	C(N03E04)04	2,230.135	20/04/2001	2,229.702	
ORVI	C(N03E04)04	2,229.616	01/11/2002	2,229.153	
C.IUYET	C(N03E04)04	2,228.979	16/12/2005	2,228.477	
EDIHT	C(N03E04)04	2,228.979	07/02/2008	2,228.428	

GRÁFICA DE EVOLUCIÓN E: 491,938.620 N: 2,151,762.400 99° 4' 36.50308"—19° 27' 37.10259"

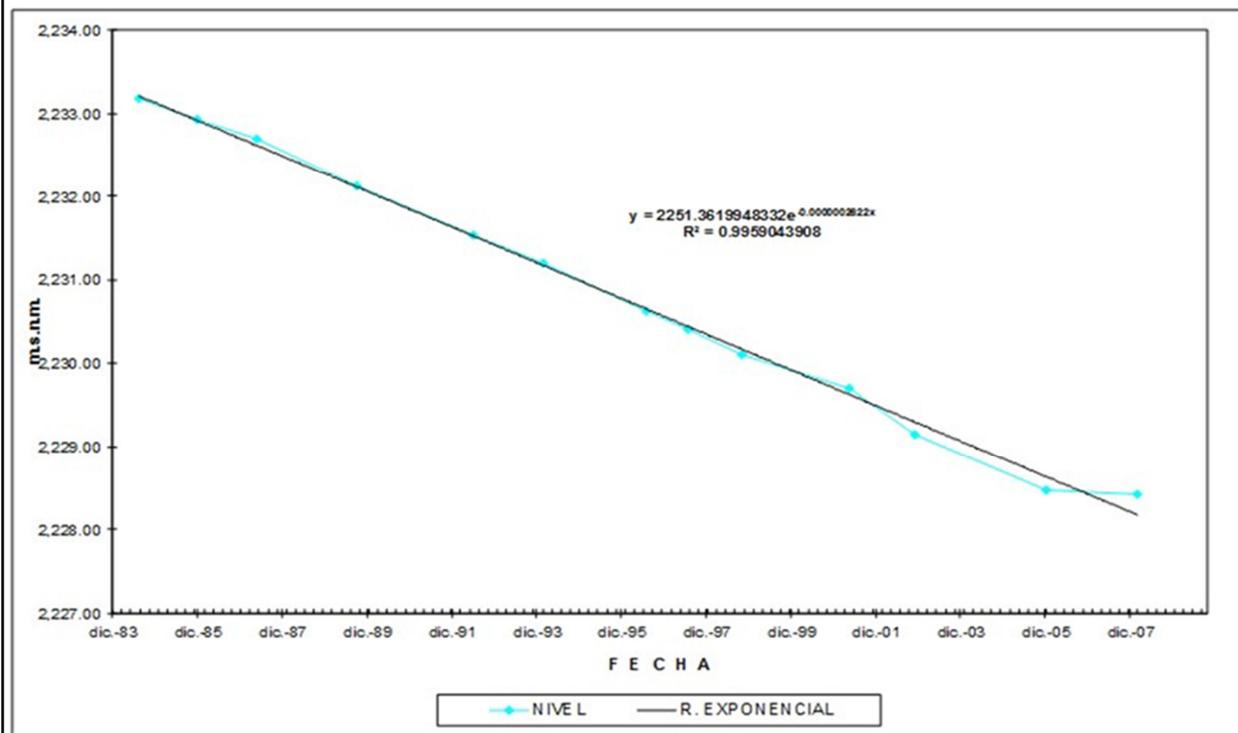


Figura III.13. Datos históricos de banco de nivel y gráfica de evolución de elevaciones. Fuente: PSC, 2013.

Zona baja		Zona alta de Cuautepec	
Sector	Cantidad de cajas niveladas	Sector	Cantidad de cajas niveladas
1	64	1	180
2	81	2	76
3	102	3	107
4	184	4	17
5	109	5	11
6	64	6	87
7	278	7	45
8	404	8	84
9	493	9	7
10	132	10	14
11	66	11	15
12	179	12	27
13	105	13	17
14	2		
15	190		
<b>Total:</b>	<b>2,453</b>	<b>Total:</b>	<b>687</b>

**Cuadro III.18.** Resumen de cajas niveladas en la delegación GAM. Fuente: Fuente: PSC, 2013.

#### III.4.5. Inspección y referenciación de cajas

En una red a presión enterrada, como normalmente son las de agua potable y agua tratada, las cajas de válvulas constituyen prácticamente los únicos elementos a que se puede tener acceso para conocer los diámetros y materiales de las tuberías que la constituyen además de determinar las características de los accesorios y válvulas, que son los elementos de control en la operación del sistema.

El conocimiento de los diámetros y materiales de los tubos permite diagnosticar mejor el comportamiento de la red y programar ampliaciones o reparaciones, además de mejores políticas de operación.

#### Inspección

La inspección de las cajas de válvulas pudiera parecer en principio fácil de realizar, pero debido a las diferentes tuberías que contienen sus piezas especiales, llevan más tiempo en su inspección en comparación a otras estructuras como los pozos de visita, no obstante su menor profundidad y a que se ubican frecuentemente en banquetas, camellones o cerca de ellos, o en carriles de baja velocidad, en los que hay menos riesgos con el paso de automóviles como se observa en la figura III.14.



**Figura III.14.** Ubicación típica de las cajas de válvula. Fuente: PSC, 2013.

Para realizar esta actividad, se utilizaron formatos debidamente autorizados por el SACMEX en los que se vaciaron información referente a:

- Número de caja.
- Sector.
- Fecha de inspección.
- Ubicación y estado de la caja.

También se vaciaron datos adicionales tales como:

- Tipo de calle.
- Intensidad del tránsito vehicular.
- Ubicación longitudinal y transversal de la caja.
- Estado de las tapas y material de que están hechas.
- Facilidad de apertura.
- Presencia de gases.
- Condiciones de la estructura y de las válvulas.
- Presencia de fugas en los tubos de las válvulas.
- Total de piezas especiales en las cajas.
- Dimensiones de la caja.

- Profundidad de los tubos.
- Diámetro de las piezas especiales.
- Fotografía de localización.
- Detalle de la tubería.
- Croquis de localización.
- Coordenadas geográficas y UTM.

Se realizó la inspección de 4,248 cajas de operación de válvulas bajo las siguientes premisas:

En aquellos casos donde la caja no presentaba problemas para su inspección desde el exterior ya fuera porque se trataba de una estructura de poca profundidad, con buena iluminación y con pocos o elementos hidráulicos se procedió a la medición de profundidad y diámetro de los tubos, para el llenado del formato de inspección correspondiente, proporcionado por el SACMEX (figura III.15).

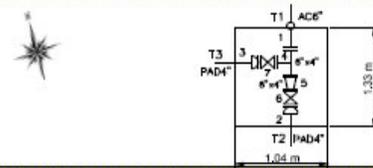
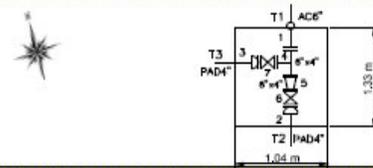
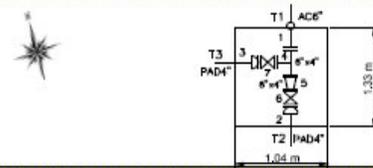
PLANEACIÓN SISTEMAS Y CONTROL S.A. DE C.V. LEVANTAMIENTO DE CAJAS DE VALVULAS SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO (SACM)																																																																																																																																																																									
DELEGACIÓN	SUBTAVO X MADRID	MACRO	1																																																																																																																																																																						
SECTOR			11																																																																																																																																																																						
NUMERO DE CAJA:	0098-I-GMGA-43-C	FECHA:	27-nov-13																																																																																																																																																																						
PLANO		NOTAS																																																																																																																																																																							
CALLE:	VALERIN CANALIZADO	ESQ. ENTRE CALLES:	JOSE J. HERRERA																																																																																																																																																																						
COLONIA:	MARTIN CARRERA	Y CALLE:																																																																																																																																																																							
P	TIPO DE CALLE:	(F) PAVIMENTADA (T) TIERRA (C) CONCRETO (O) OTRO (A) ADOQUIN (E) EMPEDRADA																																																																																																																																																																							
B	TRANSITO VEHICULAR:	(1) INTENSO (M) MODERADO (B) BAJO (N) NO EXISTE																																																																																																																																																																							
C	UBICACION LONGITUDINAL:	(C) CRUCERO (S) INTERMEDIA EN CUADRA																																																																																																																																																																							
A	UBICACION TRANSVERSAL:	(B) BANQUETA (A) ARROYO (C) CAMELION																																																																																																																																																																							
A	TAPAS A NIVEL DE LA CALLE:	(A) MAS ALTA (B) MAS BAJA (C) A NIVEL																																																																																																																																																																							
F	TIPOS DE TAPAS:	(C) CONCRETO CON MARCO METALICO (F) FIERRO FUNDIDO (M) MARMIBAS																																																																																																																																																																							
E	ESTADO DE TAPAS:	(C) ENTERAS (D) SIN BLAGRAS (R) ROTAS (A) AGRIETADAS (S) SELLADAS (O) SIN BLAGRAS (P) SIN PERNOS																																																																																																																																																																							
N	TRABAJO REQUERIDO:	(A) APERTURA (C) DESASFALTAR (N) NIVELAR (R) REEMPLAZAR (O) NINGUNO																																																																																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO DE TUBO</th> <th>DIAMETRO</th> <th>MATERIAL</th> <th>PROF A PLANTILLA</th> <th>CAJA SIGUIENTE</th> <th>PLANO ADYACENTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>6</td> <td>AC</td> <td>1.13</td> <td>C-5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4</td> <td>PAD</td> <td>1.10</td> <td>C-4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6</td> <td>PAD</td> <td>1.13</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>17</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>18</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NO DE TUBO	DIAMETRO	MATERIAL	PROF A PLANTILLA	CAJA SIGUIENTE	PLANO ADYACENTE	1	6	AC	1.13	C-5		2	4	PAD	1.10	C-4		3	6	PAD	1.13			4						5						6						7						8						9						10						11						12						13						14						15						16						17						18						19						20																																													
NO DE TUBO	DIAMETRO	MATERIAL	PROF A PLANTILLA	CAJA SIGUIENTE	PLANO ADYACENTE																																																																																																																																																																				
1	6	AC	1.13	C-5																																																																																																																																																																					
2	4	PAD	1.10	C-4																																																																																																																																																																					
3	6	PAD	1.13																																																																																																																																																																						
4																																																																																																																																																																									
5																																																																																																																																																																									
6																																																																																																																																																																									
7																																																																																																																																																																									
8																																																																																																																																																																									
9																																																																																																																																																																									
10																																																																																																																																																																									
11																																																																																																																																																																									
12																																																																																																																																																																									
13																																																																																																																																																																									
14																																																																																																																																																																									
15																																																																																																																																																																									
16																																																																																																																																																																									
17																																																																																																																																																																									
18																																																																																																																																																																									
19																																																																																																																																																																									
20																																																																																																																																																																									
FOTOGRAFIAS																																																																																																																																																																									
																																																																																																																																																																									
Fotografía de Localización		Detalle de la tubería																																																																																																																																																																							
COORDENADAS UTM		NUMERO DE TAPAS																																																																																																																																																																							
W	134833.639	1																																																																																																																																																																							
N	980124.450																																																																																																																																																																								
ELEVACION	2265.29	CLIENTE	GERENTE DE OPERACIONES																																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>F</th> <th>FACILIDAD DE APERTURA:</th> <th>(F) FACIL (R) REGULAR (D) DIFICIL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>PRESENCIA DE GASES:</td> <td>(N) NULA (L) LEVE (R) REGULAR (P) PELIGROSO</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>PRESENCIA DE GRASA Y ACEITES:</td> <td>(N) NULA (L) LEVE (R) REGULAR (P) PELIGROSO</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>ESTADO ORIGINAL:</td> <td>(L) LIMPIA (I) INUNDADA (B) CON BASURA (A) ADOLVADA</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA:</td> <td>(B) BUENA (A) ACEPTABLE (D) DEFICIENTE</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CONDICIONES DE LAS VALVULAS:</td> <td>(B) BUENAS (A) ACEPTABLES (M) MALAS</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>FUGAS EN LOS TUBOS DE LAS VALVULAS:</td> <td>(N) NULO (G) GOTEO (F) FUERTE</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>TRABAJO REQUERIDO EN LA CAJA:</td> <td>(N) NINGUNA (A) ACHICAR (D) DESAZOLVAR (C) OBRA CIVIL</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>MATERIAL DE LA TUBERIA:</td> <td>(N) CONCRETO REFORZADO (F) PAD (C) ASBESTO CEMENTO (V) POLICLORURO DE VINILO (O) OTRO</td> </tr> </tbody> </table>				F	FACILIDAD DE APERTURA:	(F) FACIL (R) REGULAR (D) DIFICIL	N	PRESENCIA DE GASES:	(N) NULA (L) LEVE (R) REGULAR (P) PELIGROSO	N	PRESENCIA DE GRASA Y ACEITES:	(N) NULA (L) LEVE (R) REGULAR (P) PELIGROSO	L	ESTADO ORIGINAL:	(L) LIMPIA (I) INUNDADA (B) CON BASURA (A) ADOLVADA	A	CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA:	(B) BUENA (A) ACEPTABLE (D) DEFICIENTE	A	CONDICIONES DE LAS VALVULAS:	(B) BUENAS (A) ACEPTABLES (M) MALAS	N	FUGAS EN LOS TUBOS DE LAS VALVULAS:	(N) NULO (G) GOTEO (F) FUERTE	N	TRABAJO REQUERIDO EN LA CAJA:	(N) NINGUNA (A) ACHICAR (D) DESAZOLVAR (C) OBRA CIVIL	P	MATERIAL DE LA TUBERIA:	(N) CONCRETO REFORZADO (F) PAD (C) ASBESTO CEMENTO (V) POLICLORURO DE VINILO (O) OTRO																																																																																																																																											
F	FACILIDAD DE APERTURA:	(F) FACIL (R) REGULAR (D) DIFICIL																																																																																																																																																																							
N	PRESENCIA DE GASES:	(N) NULA (L) LEVE (R) REGULAR (P) PELIGROSO																																																																																																																																																																							
N	PRESENCIA DE GRASA Y ACEITES:	(N) NULA (L) LEVE (R) REGULAR (P) PELIGROSO																																																																																																																																																																							
L	ESTADO ORIGINAL:	(L) LIMPIA (I) INUNDADA (B) CON BASURA (A) ADOLVADA																																																																																																																																																																							
A	CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA:	(B) BUENA (A) ACEPTABLE (D) DEFICIENTE																																																																																																																																																																							
A	CONDICIONES DE LAS VALVULAS:	(B) BUENAS (A) ACEPTABLES (M) MALAS																																																																																																																																																																							
N	FUGAS EN LOS TUBOS DE LAS VALVULAS:	(N) NULO (G) GOTEO (F) FUERTE																																																																																																																																																																							
N	TRABAJO REQUERIDO EN LA CAJA:	(N) NINGUNA (A) ACHICAR (D) DESAZOLVAR (C) OBRA CIVIL																																																																																																																																																																							
P	MATERIAL DE LA TUBERIA:	(N) CONCRETO REFORZADO (F) PAD (C) ASBESTO CEMENTO (V) POLICLORURO DE VINILO (O) OTRO																																																																																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DATOS DE LA CAJA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CONDICIONES DE LA CAJA (M):</td> <td>LARGO: 1.30</td> <td>ANCHO: 1.04</td> <td>PROFUNDIDAD: 1.20</td> </tr> <tr> <td>PROFUNDIDAD APROX. DE LOS TUBOS (M):</td> <td>MAXIMA: 1.20</td> <td>MINIMA: 0.90</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>NO. PIEZA</th> <th>PIEZA</th> <th>DIAMETRO</th> <th>MATERIAL</th> <th>LOCALIZACION</th> <th>METROS A REFERENCIAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>BRINADO</td> <td>4</td> <td>KNO</td> <td></td> <td>4.80</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ESFONDO</td> <td>4</td> <td>PAD</td> <td></td> <td>8.30</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ESFONDO</td> <td>4</td> <td>PAD</td> <td></td> <td>8.30</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>TE</td> <td>886</td> <td>KNO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>REDUCCION</td> <td>886</td> <td>KNO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>VALVULA</td> <td>4</td> <td>ACERO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>VALVULA</td> <td>4</td> <td>ACERO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>17</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>18</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="4">  </td> </tr> <tr> <td colspan="4">OBSERVACIONES</td> </tr> <tr> <td colspan="4"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Supervisor SACM</th> <th>Miguel Ávila Rojas</th> <th>Planificación, Sistemas y Control</th> <th>Supervisor REAGUAS</th> <th>José Francisco García Romo</th> <th>REVISOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fecha</td> <td></td> <td>Área</td> <td>Fecha</td> <td></td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> </tbody> </table>				DATOS DE LA CAJA				CONDICIONES DE LA CAJA (M):	LARGO: 1.30	ANCHO: 1.04	PROFUNDIDAD: 1.20	PROFUNDIDAD APROX. DE LOS TUBOS (M):	MAXIMA: 1.20	MINIMA: 0.90		<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO. PIEZA</th> <th>PIEZA</th> <th>DIAMETRO</th> <th>MATERIAL</th> <th>LOCALIZACION</th> <th>METROS A REFERENCIAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>BRINADO</td> <td>4</td> <td>KNO</td> <td></td> <td>4.80</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ESFONDO</td> <td>4</td> <td>PAD</td> <td></td> <td>8.30</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ESFONDO</td> <td>4</td> <td>PAD</td> <td></td> <td>8.30</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>TE</td> <td>886</td> <td>KNO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>REDUCCION</td> <td>886</td> <td>KNO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>VALVULA</td> <td>4</td> <td>ACERO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>VALVULA</td> <td>4</td> <td>ACERO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>17</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>18</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NO. PIEZA	PIEZA	DIAMETRO	MATERIAL	LOCALIZACION	METROS A REFERENCIAS	1	BRINADO	4	KNO		4.80	2	ESFONDO	4	PAD		8.30	3	ESFONDO	4	PAD		8.30	4	TE	886	KNO			5	REDUCCION	886	KNO			6	VALVULA	4	ACERO			7	VALVULA	4	ACERO			8						9						10						11						12						13						14						15						16						17						18						19						20										OBSERVACIONES				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Supervisor SACM</th> <th>Miguel Ávila Rojas</th> <th>Planificación, Sistemas y Control</th> <th>Supervisor REAGUAS</th> <th>José Francisco García Romo</th> <th>REVISOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fecha</td> <td></td> <td>Área</td> <td>Fecha</td> <td></td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table>				Supervisor SACM	Miguel Ávila Rojas	Planificación, Sistemas y Control	Supervisor REAGUAS	José Francisco García Romo	REVISOR	Fecha		Área	Fecha		30
DATOS DE LA CAJA																																																																																																																																																																									
CONDICIONES DE LA CAJA (M):	LARGO: 1.30	ANCHO: 1.04	PROFUNDIDAD: 1.20																																																																																																																																																																						
PROFUNDIDAD APROX. DE LOS TUBOS (M):	MAXIMA: 1.20	MINIMA: 0.90																																																																																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO. PIEZA</th> <th>PIEZA</th> <th>DIAMETRO</th> <th>MATERIAL</th> <th>LOCALIZACION</th> <th>METROS A REFERENCIAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>BRINADO</td> <td>4</td> <td>KNO</td> <td></td> <td>4.80</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ESFONDO</td> <td>4</td> <td>PAD</td> <td></td> <td>8.30</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ESFONDO</td> <td>4</td> <td>PAD</td> <td></td> <td>8.30</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>TE</td> <td>886</td> <td>KNO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>REDUCCION</td> <td>886</td> <td>KNO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>VALVULA</td> <td>4</td> <td>ACERO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>VALVULA</td> <td>4</td> <td>ACERO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>17</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>18</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NO. PIEZA	PIEZA	DIAMETRO	MATERIAL	LOCALIZACION	METROS A REFERENCIAS	1	BRINADO	4	KNO		4.80	2	ESFONDO	4	PAD		8.30	3	ESFONDO	4	PAD		8.30	4	TE	886	KNO			5	REDUCCION	886	KNO			6	VALVULA	4	ACERO			7	VALVULA	4	ACERO			8						9						10						11						12						13						14						15						16						17						18						19						20																																													
NO. PIEZA	PIEZA	DIAMETRO	MATERIAL	LOCALIZACION	METROS A REFERENCIAS																																																																																																																																																																				
1	BRINADO	4	KNO		4.80																																																																																																																																																																				
2	ESFONDO	4	PAD		8.30																																																																																																																																																																				
3	ESFONDO	4	PAD		8.30																																																																																																																																																																				
4	TE	886	KNO																																																																																																																																																																						
5	REDUCCION	886	KNO																																																																																																																																																																						
6	VALVULA	4	ACERO																																																																																																																																																																						
7	VALVULA	4	ACERO																																																																																																																																																																						
8																																																																																																																																																																									
9																																																																																																																																																																									
10																																																																																																																																																																									
11																																																																																																																																																																									
12																																																																																																																																																																									
13																																																																																																																																																																									
14																																																																																																																																																																									
15																																																																																																																																																																									
16																																																																																																																																																																									
17																																																																																																																																																																									
18																																																																																																																																																																									
19																																																																																																																																																																									
20																																																																																																																																																																									
																																																																																																																																																																									
OBSERVACIONES																																																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Supervisor SACM</th> <th>Miguel Ávila Rojas</th> <th>Planificación, Sistemas y Control</th> <th>Supervisor REAGUAS</th> <th>José Francisco García Romo</th> <th>REVISOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fecha</td> <td></td> <td>Área</td> <td>Fecha</td> <td></td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table>				Supervisor SACM	Miguel Ávila Rojas	Planificación, Sistemas y Control	Supervisor REAGUAS	José Francisco García Romo	REVISOR	Fecha		Área	Fecha		30																																																																																																																																																										
Supervisor SACM	Miguel Ávila Rojas	Planificación, Sistemas y Control	Supervisor REAGUAS	José Francisco García Romo	REVISOR																																																																																																																																																																				
Fecha		Área	Fecha		30																																																																																																																																																																				

Figura III.15. Cajas sin dificultad para ser inspeccionadas desde fuera, ejemplo de llenado de formato. Fuente: PSC, 2013.

---

---

En las cajas donde no fue posible obtener los datos desde el exterior, fue necesaria la introducción de algún trabajador pero extremando precauciones por posible acumulación de gases venenosos, para tal situación y previo a la introducción del trabajador, se abrieron las tapas por algunos minutos para permitir el escape de gases y ventilación de las mismas y de esta manera descartar cualquier peligro (figura III.16).



**Figura III.16.** Cajas con dificultad para ser inspeccionadas desde fuera. Fuente: PSC, 2013.

Las brigadas de campo llevaron planos con la ruta a seguir y la clave de identificación de cada caja a inspeccionar. En dichos planos se realizaron las anotaciones pertinentes a la situación de cada caja y en caso de que hubiera existido algún tipo de problemática durante su inspección, a manera de bitácora de trabajo por sector para facilitar las actividades subsecuentes.

El horario de trabajo fue programado para disminuir los problemas por circulación de automóviles o personas, vehículos estacionados sobre tapas, y riesgos al personal. En algunos casos se solicitó desde un día antes, a los vecinos del lugar no estacionar sus vehículos sobre las tapas, así también sucedió en el caso de puestos o establecimientos ambulantes que hacen uso de la vía pública a quienes igualmente se les solicitó no invadir las área aledañas a las cajas para realizar las actividades de inspección y referenciación.

Debido a que algunas cajas de válvulas tuvieron una o más tapas, dependiendo de cuantas válvulas se localizaran en ella, para la inspección se eligió la que ofreciera más facilidades y en los casos que se pudieran abrir todas así se realizó con el fin de ventilarla correctamente y tomar fotografías más claras de su interior. Una vez abierta, se confirmó si todas las tapas visibles correspondían a la misma caja, si no, se detectaron cuantas cajas independientes

---

---

existían y se procedió a inspeccionar cada una de ellas (figura III.17).

El procedimiento tipo para inspeccionar una caja fue el siguiente:

- 1) Tener a la mano la ficha correspondiente.
- 2) Colocar señales viales si se requiere.
- 3) Destapar la caja con un gancho, zapapico o barreta.
- 4) Si se intentó abrir todas las tapas de la caja y no se logró se dio aviso a la supervisión para que se considerara como tapa sellada y entrara en el programa de autorización de trabajos especiales.
- 5) Si se logró abrir la caja, se verificó que no hubiera gases o el nivel de oxígeno no fuera bajo en el interior. De suceder lo último se dejaba abierta la tapa o se abrieron otras más para facilitar la ventilación.
- 6) Tomar los datos de diámetros, piezas especiales y otras características, introduciéndose a la caja, y reportándolos en el formato correspondiente.
- 7) Cerrar la tapa o tapas con cuidado, verificando que queden bien asentadas.
- 8) Retirar señalamiento.



**Figura III.17.** Caja de válvulas con varias tapas. Fuente: PSC, 2013.

En los casos donde no se pudo inspeccionar una caja por niveles peligrosos de gases, agua pluvial o negra, basura u otro motivo, se reportó esta situación al representante de la

---

---

supervisión y se llenó el formato correspondiente. Este formato facilitó el trámite de la solución y su control administrativo.

Para tener la certeza de los diámetros existentes, fue necesario contar con tenazas para medir los diámetros menores a 35 cm y una cinta métrica (flexómetro) para los diámetros mayores.

Los datos se incorporaron en su respectivo formato para posteriormente capturarlos en la base de datos del SIG y obtener en forma automatizada los planos de la red.

#### Referenciación

Esta actividad se realizó en forma conjunta a los trabajos de inspección de cajas, todas las cajas se referenciaron en campo mediante el empleo de equipo georeferenciador (figura III.18) y apoyándose en la planimetría de la cartografía del INEGI, digitalizada en medios magnéticos.

Los datos se incorporaron en a su respectivo formato de censo de cajas de válvulas para posteriormente capturarlos en la base de datos del SIG y obtener en forma automatizada su ubicación en los planos de la red. Esta actividad se describe con mayor detalle en el siguiente subcapítulo.



**Figura III.18.** Referenciación de cajas. Fuente: PSC, 2013.

#### Resultados obtenidos

Se inspeccionaron 3,435 cajas distribuidas en 15 sectores de la parte baja de la delegación GAM y 813 distribuidas en 13 sectores para la parte alta de Cuauhtepec, como se relaciona en el

---

---

cuadro III.19, para un total de 4,248 cajas en toda la delegación.

En lo que se refiere al tipo de superficie de las calles, el 100% de ellas esta pavimentada y presentan tránsito vehicular de intenso a moderado. Asimismo, la gran mayoría de las cajas tienen tapa de fierro fundido que está a nivel de la calle, las tapas se encuentran en buen estado físico y en lo que se refiere a la presencia de gases, ésta fue de mínima a nula.

Toda esta información fue revisada y aprobada por la supervisión interna del SACMEX, así como también por la supervisión externa. Se realizaron también reuniones periódicas con el personal de los organismos regionales con la finalidad de pedir su apoyo en los puntos en donde se tenía duda en cuanto a la operación de la red.

Como resultado de los trabajos de inspección de cajas, se elaboraron los planos de actualización de la infraestructura hidráulica de agua potable en donde se plasmó la ubicación de la red primaria y secundaria, con su respectiva simbología y la descripción del tipo de material, así como la ubicación de las válvulas de seccionamiento, de desfogue y de admisión y expulsión de aire.

Zona baja		Zona alta de Cuauhtémoc	
Sector	Cantidad de cajas inspeccionadas	Sector	Cantidad de cajas inspeccionadas
1	64	1	185
2	81	2	76
3	102	3	107
4	185	4	17
5	110	5	0
6	339	6	87
7	278	7	45
8	404	8	84
9	493	9	0
10	547	10	15
11	167	11	48
12	179	12	115
13	214	13	34
14	2		
15	270		
<b>Total:</b>	<b>3,435</b>	<b>Total:</b>	<b>813</b>

**Cuadro III.19.** Resumen de cajas inspeccionadas en la delegación GAM. Fuente: PSC, 2013.

#### III.4.6. Georeferenciación de cajas con GPS

La georeferenciación es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas. Todos los elementos de una capa de mapa tienen una ubicación geográfica y una extensión específicas que permiten situarlos en la superficie de la Tierra o

---

---

cerca de ella. La capacidad de localizar de manera precisa las entidades geográficas es fundamental tanto en la representación cartográfica como en los SIG.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), es un sistema de radionavegación basado en una constelación de 24 satélites distribuidos en seis planos orbitales a 22,000 km sobre la superficie terrestre, los cuales permiten posicionar puntos sobre la superficie del globo terráqueo a distintos niveles de precisión de acuerdo a usos específicos.

Dentro de las múltiples aplicaciones del GPS para usos civiles y por la amplia disponibilidad en el mercado con que actualmente se cuenta, su empleo como apoyo en el Catastro hidráulico ha resultado fundamental e indispensable, obteniéndose resultados confiables.

Una de las actividades que se realizó en forma conjunta a los trabajos de inspección de cajas es la referente a la georeferenciación de las cajas inspeccionadas, las estructuras mencionadas se referenciaron en campo mediante el empleo de GPS (figura III.19) y apoyándose en la planimetría de la cartografía del INEGI digitalizada en medios magnéticos.



**Figura III.19.** Georeferenciación de cajas con GPS en la delegación GAM. Fuente: PSC, 2013.

---

---

Dentro de las principales características del GPS empleado, tenemos que se trató de un receptor con modalidad de medición estática y dinámica, de 8MB de memoria disponible para almacenar datos, con lo que tuvo capacidad para almacenar un mínimo de 72 horas de observación bajo condiciones críticas, con rastreo de 10 satélites en forma continua, dicho GPS consta de una antena montada en una trípode utilizando base nivelante y extensión, no apto para el empleo bajo condiciones de lluvia por lo que la actividad de georeferenciación se suspendió en estos casos por seguridad de la brigada, ante posibles descargas eléctricas.

Una vez identificada la tapa de la caja de válvulas sobre la cual se efectuaría la medición, se procedió a colocar el sistema receptor sobre el punto a medir y que para este caso correspondió al centro de la tapa. El procedimiento de instalación consistió en colocar la combinación de trípode/base nivelante sobre el punto de medición, lo cual se hizo de la misma forma que se hace para una estación total convencional, después se procedió a registrar la altura del instrumento (HI) de la antena GPS.

La antena GPS es el punto de toma de datos para las observaciones GPS, esto significa que la posición calculada para el punto, horizontal y verticalmente, será la ubicación de la antena GPS. Es por esta razón que la antena está precisamente ubicada sobre el punto a medir, incluso la ubicación para el punto a medir no está al centro de la antena, sino debajo de ella, en el suelo; efectuado lo anterior se procedió a la toma de datos GPS en el punto de medición.

## Resultados

Como resultado de la actividad de georeferenciación de cajas, se observa lo siguiente: se realizó un acumulado total de 4,248 tapas referenciadas, en la delegación GAM. Los formatos de presentación de las referenciaciones contienen información precisa como es: nomenclatura, coordenadas geográficas y UTM y el sector en que se realizó la georeferenciación. Un ejemplo de estos formatos se puede observar en la figura III.20.

### III.4.7. Detección y ubicación de cajas

Una vez que se contó con los planos que incluían todas las cajas encontradas en los recorridos, se analizaron para verificar la posible existencia y posición de estructuras no visibles.

Para tal efecto, se revisaron las separaciones que guardan entre si las cajas, tanto en los planos levantados como en otros planos de la zona u otras fuentes de información, cuando de dicha

revisión resultaron tramos demasiados largos o cambios de diámetros injustificados se revisó la probable existencia de alguna estructura.

 <b>SISTEMA DE AGUAS</b> DE LA CIUDAD DE MÉXICO		ESTUDIO: ACTUALIZACIÓN DEL CATASTRO DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA								
		DE AGUA POTABLE DE LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO								
		CONTRATISTA: PLANEACIÓN, SISTEMAS Y CONTROL S.A. DE C.V.								
		CONTRATO:								
TABLA.- RELACION DE CAJAS GEOREFERENCIADAS										
Nº CONSECUTIVO	NOMENCLATURA	MACROSECTOR	Nº CAJA	SECTOR	DELEGACION	COORDENADAS				OBSERVACIONES
						GEOGRAFICAS		UTM		
						LATITUD	LONGITUD	E	N	
1	0001-I-GAMGA-1-C	I	0001	1	GAM	19° 30' 16.6954" N	99° 09' 10.2759" W	483,961.192	2,156,673.165	
2	0002-I-GAMGA-1-C	I	0002	1	GAM	19° 30' 15.9245" N	99° 09' 11.9950" W	483,911.066	2,156,649.516	
3	0003-I-GAMGA-1-C	I	0003	1	GAM	19° 30' 15.8382" N	99° 09' 12.5540" W	483,894.771	2,156,646.876	
4	0004-I-GAMGA-1-C	I	0004	1	GAM	19° 30' 15.9954" N	99° 09' 12.1871" W	483,905.468	2,156,651.701	
5	0005-I-GAMGA-1-C	I	0005	1	GAM	19° 30' 14.5656" N	99° 09' 15.5687" W	483,806.866	2,156,607.841	
6	0006-I-GAMGA-1-C	I	0006	1	GAM	19° 30' 13.6400" N	99° 09' 18.3549" W	483,725.629	2,156,579.462	
7	0007-I-GAMGA-1-C	I	0007	1	GAM	19° 30' 13.1721" N	99° 09' 19.5854" W	483,689.751	2,156,565.112	
8	0008-I-GAMGA-1-C	I	0008	1	GAM	19° 30' 13.6963" N	99° 09' 20.9701" W	483,649.407	2,156,581.263	
9	0009-I-GAMGA-1-C	I	0009	1	GAM	19° 30' 14.4395" N	99° 09' 23.5160" W	483,575.222	2,156,604.173	
10	0010-I-GAMGA-1-C	I	0010	1	GAM	19° 30' 23.4942" N	99° 09' 23.5949" W	483,573.176	2,156,882.493	
11	0011-I-GAMGA-1-C	I	0011	1	GAM	19° 30' 21.8777" N	99° 09' 29.5015" W	483,400.973	2,156,832.963	
12	0012-I-GAMGA-1-C	I	0012	1	GAM	19° 30' 26.9743" N	99° 09' 31.4432" W	483,344.524	2,156,989.670	
13	0013-I-GAMGA-1-C	I	0013	1	GAM	19° 30' 44.8804" N	99° 09' 37.5530" W	483,166.961	2,157,540.223	
13	0013-I-GAMGA-1-C	I	0013	1	GAM	19° 30' 45.2617" N	99° 09' 37.3954" W	483,171.565	2,157,551.937	

Figura III.20. Formato resumen de georeferenciación de cajas con GPS en la delegación GAM. Fuente: PSC, 2013.

Además de las cajas de operación de válvulas, se realizó la detección de 74 cajas de válvulas, las cuales no era posible detectarlas ya que por los trabajos de reencarpetamiento que se realiza en las calles y avenidas de la ciudad, las tapas de válvulas son pérdidas en su ubicación ya que no se renivelan antes de llevar a cabo el reencarpetamiento.

Para llevar a cabo esta actividad al realizar los recorridos de verificación de las cajas de válvulas se comprobó que algunas no son visibles en la ubicación que se tiene declarada en los planos, por lo que para poder detectarla fue necesario el utilizar detectores de metales que nos ayuden a ubicar con exactitud la posición real de las tapas de las cajas.

Primeramente se procedió a ubicar las cajas por medio de la información en los planos respectivos y se delimitó la zona con conos para aislar el tráfico de la calle o avenida solicitando

cuando fuera necesario el apoyo de los oficiales de tránsito en caso de que las cajas se ubicaran en un cruce peligroso, y con ello darle seguridad al personal que realizó la actividad de detección como se observa en la figura III.21.a.



**Figura III.21.** Localización de cajas con apoyo de detector de metales. Fuente: PSC, 2013.

Con el detector se procede a realizar recorridos paralelos dentro de la zona delimitada, uno del otro con separación de 0.50 m, observando las lecturas del medidor o bien esperando la señal acústica del mismo hasta tener una señal positiva de detección; dependiendo del espesor del pavimento fue necesario disminuir la velocidad con que se barría el área con el medidor de metales ya que a mayor espesor se dificultó la localización de las tapas, lo que ocasionó en algunos casos demoras considerables en esta actividad; cuando se tuvo localizada la caja, se procedió a centrar la señal realizando el barrido en franjas más cortas y a menor separación con el detector de metales, lo anterior para garantizar en la medida de lo posible la ubicación de la tapa y con ello evitar demoliciones de carpeta en zonas erróneas (figura III.21.b).

Una vez detectada la caja se procede a realizar una cala para confirmar la presencia de la estructura, posteriormente se procede al desasfaltado con herramientas manuales tanto de

tapas como de brocales para facilitar su liberación y apertura (figuras III.21.c y III.21.d).

Las cajas detectadas, desasfaltadas y abiertas, fueron inspeccionadas con el mismo procedimiento indicado en el subcapítulo III.4.5 , e igualmente fueron georeferenciadas con el procedimiento y equipo indicado en el subcapítulo III.4.6; en cuanto a sus características y datos, estos fueron vaciados igualmente en el formato de levantamiento de cajas de válvulas correspondiente (figura III.22).

 <b>LEVANTAMIENTO DE CAJAS DE VALVULAS</b> SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MEXICO (SACM)																																																																																																																																			
DELEGACION	AZCAPOTZALCO	MACRO	1	SECTOR	07																																																																																																																														
NUMERO DE CAJA:	0330-AZCAU-07-C	FECHA:	25-mar-14	PLANO	N03W01																																																																																																																														
CALLE:	29	E. DE:	3	ENTRE CALLE:	27																																																																																																																														
COLOMIA:	PRO HOGAR	Y CALLE:	MOLDEADORES																																																																																																																																
<b>P</b>	TIPO DE CALLE: (E) BIPEDRADA (F) PAVIMENTADA (T) TERRA (C) CONCRETO (O) OTRO (A) ADOSIN																																																																																																																																		
<b>M</b>	TRANITO VEHICULAR: (1) INTENSO (M) MODERADO (B) BAJO (N) NO EXISTE																																																																																																																																		
<b>C</b>	UBICACION LONGITUDINAL: (C) CRUCERO (I) INTERMEDIA EN CUADRA																																																																																																																																		
<b>A</b>	UBICACION TRANSVERSAL: (B) BANQUETA (A) ARROYO (C) CARRILLON																																																																																																																																		
<b>C</b>	TAPAS A NIVEL DE LA CALLE: (A) MAS ALTA (B) MAS BAJA (C) ANIVEL																																																																																																																																		
<b>F</b>	TIPO DE TAPAS: (C) CONCRETO CON MARCO METALICO (F) FERRO FUNDIDO (M) MARMIBAS																																																																																																																																		
<b>P</b>	ESTADO DE TAPAS: (E) ENTERRAS (I) SIN BARRAS (R) ROTAS (P) SIN PERNOS (A) ADRIETAS (S) SELLADAS (O) SIN BARRAS (R) ROTAS (P) SIN PERNOS (A) ADRIETAS																																																																																																																																		
<b>O</b>	TRABAJO REQUERIDO: (A) APERTURA (C) DESAFALTAR (N) NIVELAR (R) REEMPLAZAR (O) NINGUNO																																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">DATOS DE LA CAJA</th> </tr> <tr> <th colspan="6">DIMENSIONES DE LA CAJA (M):</th> </tr> <tr> <td>LARGO</td> <td>1.00</td> <td>ANCHO</td> <td>1.00</td> <td>PROFUNDIDAD</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <th colspan="6">PROFUNDIDAD APROX. DE LOS TUBOS (M):</th> </tr> <tr> <td>TUBERIA</td> <td>1.23</td> <td>METRO A REFERENCIA</td> <td>1.23</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <th colspan="6">DIAMETRO DE TUBOS ESPECIALES</th> </tr> <tr> <th>Nº PIEZA</th> <th>PIEZA</th> <th>DIAMETRO</th> <th>MATERIAL</th> <th colspan="2">METROS A REFERENCIAS</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>EXTREMIDAD</td> <td>4</td> <td>FRD</td> <td>ASURANCION</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>CRUZ</td> <td>400</td> <td>FRD</td> <td>BOQUINACION</td> <td>5.25</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>EXTREMIDAD</td> <td>4</td> <td>FRD</td> <td>COPADO</td> <td>2.44</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>VALVULA</td> <td>4</td> <td>ACERO</td> <td>C. B2 PAVIMENTC</td> <td>5.54</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>EXTREMIDAD</td> <td>4</td> <td>FRD</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>EXTREMIDAD</td> <td>4</td> <td>FRD</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </thead> </table>						DATOS DE LA CAJA						DIMENSIONES DE LA CAJA (M):						LARGO	1.00	ANCHO	1.00	PROFUNDIDAD	1.00	PROFUNDIDAD APROX. DE LOS TUBOS (M):						TUBERIA	1.23	METRO A REFERENCIA	1.23			DIAMETRO DE TUBOS ESPECIALES						Nº PIEZA	PIEZA	DIAMETRO	MATERIAL	METROS A REFERENCIAS		1	EXTREMIDAD	4	FRD	ASURANCION	5.00	2	CRUZ	400	FRD	BOQUINACION	5.25	3	EXTREMIDAD	4	FRD	COPADO	2.44	4	VALVULA	4	ACERO	C. B2 PAVIMENTC	5.54	5	EXTREMIDAD	4	FRD			7	EXTREMIDAD	4	FRD			2						10						11						12						13						14						15						16					
DATOS DE LA CAJA																																																																																																																																			
DIMENSIONES DE LA CAJA (M):																																																																																																																																			
LARGO	1.00	ANCHO	1.00	PROFUNDIDAD	1.00																																																																																																																														
PROFUNDIDAD APROX. DE LOS TUBOS (M):																																																																																																																																			
TUBERIA	1.23	METRO A REFERENCIA	1.23																																																																																																																																
DIAMETRO DE TUBOS ESPECIALES																																																																																																																																			
Nº PIEZA	PIEZA	DIAMETRO	MATERIAL	METROS A REFERENCIAS																																																																																																																															
1	EXTREMIDAD	4	FRD	ASURANCION	5.00																																																																																																																														
2	CRUZ	400	FRD	BOQUINACION	5.25																																																																																																																														
3	EXTREMIDAD	4	FRD	COPADO	2.44																																																																																																																														
4	VALVULA	4	ACERO	C. B2 PAVIMENTC	5.54																																																																																																																														
5	EXTREMIDAD	4	FRD																																																																																																																																
7	EXTREMIDAD	4	FRD																																																																																																																																
2																																																																																																																																			
10																																																																																																																																			
11																																																																																																																																			
12																																																																																																																																			
13																																																																																																																																			
14																																																																																																																																			
15																																																																																																																																			
16																																																																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">NIVEL TUBO</th> </tr> <tr> <th>Nº DE TUBO</th> <th>DIAMETRO</th> <th>MATERIAL</th> <th>PROF. PLANTILLA</th> <th>CAJA BOQUENTE</th> <th>PLANO ADYACENTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4</td> <td>PAD</td> <td>1.33</td> <td>N03W02</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4</td> <td>PAD</td> <td>1.33</td> <td>N03W02</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4</td> <td>PAD</td> <td>1.33</td> <td>N03W02</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>PAD</td> <td>1.33</td> <td>N03W02</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						NIVEL TUBO						Nº DE TUBO	DIAMETRO	MATERIAL	PROF. PLANTILLA	CAJA BOQUENTE	PLANO ADYACENTE	1	4	PAD	1.33	N03W02		2	4	PAD	1.33	N03W02		3	4	PAD	1.33	N03W02		4	4	PAD	1.33	N03W02																																																																																											
NIVEL TUBO																																																																																																																																			
Nº DE TUBO	DIAMETRO	MATERIAL	PROF. PLANTILLA	CAJA BOQUENTE	PLANO ADYACENTE																																																																																																																														
1	4	PAD	1.33	N03W02																																																																																																																															
2	4	PAD	1.33	N03W02																																																																																																																															
3	4	PAD	1.33	N03W02																																																																																																																															
4	4	PAD	1.33	N03W02																																																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">FOTOGRAFIAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">  </td> <td colspan="4">  </td> </tr> <tr> <td colspan="2">                 Fotografía de Localización                  COORDENADA UTM                  N: 2,163,818.679                  E: 483,617.238                  ELEVACION: 2324.7 msnm             </td> <td colspan="4">                 Detalle de la tubería                  NUMERO DE TAPAS: 1                  NIVEL: Puma                  HDA: 12             </td> </tr> </tbody> </table>						FOTOGRAFIAS												Fotografía de Localización COORDENADA UTM N: 2,163,818.679 E: 483,617.238 ELEVACION: 2324.7 msnm		Detalle de la tubería NUMERO DE TAPAS: 1 NIVEL: Puma HDA: 12																																																																																																															
FOTOGRAFIAS																																																																																																																																			
																																																																																																																																			
Fotografía de Localización COORDENADA UTM N: 2,163,818.679 E: 483,617.238 ELEVACION: 2324.7 msnm		Detalle de la tubería NUMERO DE TAPAS: 1 NIVEL: Puma HDA: 12																																																																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">PROCESO DE DETECCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">  </td> <td colspan="4">  </td> </tr> <tr> <td colspan="6">OBSERVACIONES</td> </tr> <tr> <td colspan="6">                 Supervisor SADO: Miguel Anza Mejias                  Planificación: Saúl Gómez y Control: Puma                  Supervisor T/SADO: Puma                  Planificación: Javier García Flores                  HDA: 22             </td> </tr> </tbody> </table>						PROCESO DE DETECCIÓN												OBSERVACIONES						Supervisor SADO: Miguel Anza Mejias Planificación: Saúl Gómez y Control: Puma Supervisor T/SADO: Puma Planificación: Javier García Flores HDA: 22																																																																																																											
PROCESO DE DETECCIÓN																																																																																																																																			
																																																																																																																																			
OBSERVACIONES																																																																																																																																			
Supervisor SADO: Miguel Anza Mejias Planificación: Saúl Gómez y Control: Puma Supervisor T/SADO: Puma Planificación: Javier García Flores HDA: 22																																																																																																																																			

Figura III.22. Llenado de formato de caja detectada. Fuente: PSC, 2013.

### III.4.8. Ubicación y referenciación de estructuras especiales

En cualquier sistema hidráulico existen ciertos elementos especiales que resulta importante ubicar para facilitar y entender el funcionamiento de éstos.

Dentro de la fase de programación de esta actividad, el técnico responsable o el responsable del proyecto, auxiliado por personal con suficientes conocimientos para inferir o detectar las estructuras notables, recorrieron la zona y consultaron la información disponible para

---

---

posteriormente señalar su posición aproximada en la ruta que seguirá la brigada de campo.

Dado que también se contó con información de estos elementos proporcionada por el SACMEX, su levantamiento consistió en señalar su posición y delimitación, según apreciación visual de campo o confirmación de lo que señalado en la planimetría usada como base.

A campo se llevó una copia heliográfica con la posición de esos elementos y sus datos recopilados de antemano junto con los formatos correspondientes.

Las estructuras especiales a ubicar para facilitar y entender la configuración de los sistemas hidráulicos de agua potable, son las siguientes:

- Pozos profundos de extracción que abastezcan o no a la zona de estudio.
- Acueductos.
- Tanques de almacenamiento y regulación.
- Plantas de bombeo.
- Plantas potabilizadoras y dispositivos de cloración.
- Estaciones de medición de caudales y presiones.

Esta actividad consistió en la visita a todas y cada una de las estructuras especiales que se encuentran en el macrosector I y que para este caso sólo consistieron en pozos profundos, tanques de almacenamiento, plantas de bombeo y estaciones de medición de caudales; en el formato de levantamiento de campo expofeso para cada estructura se llenaron los datos solicitados, como se puede apreciar en las figuras III.23, III.24, III.25 y III.26.

Este trabajo se realizó conjuntamente con personal de las oficinas regionales del SACMEX ya que son estos quienes permitieron el acceso al predio para la toma de datos de dichas estructuras, además de ser intermediarios entre la población y el equipo de trabajo, para ello fue necesario conciliar con toda anticipación un programa de visitas detallando el tipo de estructura a visitar, ubicación y hora, también fue necesario coordinar el desplazamiento al sitio el cual se realizó generalmente en una unidad del ejecutor o del SACMEX.

Se pudo apreciar que algunas de dichas estructuras fueron encontradas en estados deplorables debido al abandono, vandalismo o rapiña predominante en la zona por lo que se observó que dichas estructuras dejaron de operar principalmente por el robo del cableado interno, de piezas metálicas o la fractura de algún soporte o apoyo.

En estos casos también fue necesario realizar el levantamiento con la presencia de la





**SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO**  
 GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL  
 SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE  
 SISTEMAS DE AGUA DE LA CIUDAD DE MÉXICO  
 DIRECCIÓN GENERAL  
 DIRECCIÓN DE SECTORIZACIÓN

**POLO:**  **FORMATO:** FTAP-1

**IDENTIFICACIÓN DEL TANQUE DE AGUA POTABLE**

**NOMBRE DEL TANQUE:**  **SECTOR:**   
**DELEGACIÓN:**  **MACRO:**  **FECHA:**

**UBICACIÓN Y ESTADO DEL TANQUE DE AGUA POTABLE**

**COORDENADAS (S.T.M. EN M):** NORTE:  ESTE:  **ELEVACIÓN (S.N.M.):**   
**CALLE:**  **ENTRE CALLE:**   
**Y CALLE:**  **COLONIA:**

**CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE DE AGUA POTABLE**

**SISTEMA DE CONTROL DEL NIVEL DEL AGUA:**   
**CLAVE:**  **TIPO:**   
**MATERIAL DEL TANQUE:**   
**ANCHO:**  M. **LARGO:**  M.  
**PROP. TOTAL:**  M. **CAPACIDAD:**  MB.  
**N. E.:**  M. **N. D.:**  M.  
**ANTIGÜEDAD:**  AÑOS. **TIEMPO DE:**  HRS.

**POLÍTICAS DE OPERACIÓN:**   
**ZONA DE INFLUENCIA:**   
**ESTADO FÍSICO:**  **EXISTEN DERRAMES:**   
**CAUSAS DEL DERRAME:**   
**FRECUENCIA DEL DERRAME:**   
**CAPTACIÓN PROVENIENTE:**

**CROQUIS DE LOCALIZACIÓN**



**CROQUIS DE LEVANTAMIENTO FÍSICO DE ENTRADA(S)**

TUBO No.	DIÁMETRO (PLG)	DIÁMETRO (MM)	MATERIAL	COMENTARIOS
1	12"	1	1	BUENAS CONDICIONES

**CROQUIS DE LEVANTAMIENTO FÍSICO DE SALIDA(S)**

TUBO No.	DIÁMETRO (PLG)	DIÁMETRO (MM)	MATERIAL	COMENTARIOS
1	20"	1	1	BUEN ESTADO
2	12"	1	1	BUEN ESTADO
3				
4				

**MARCA:**   
**MODELO:**   
**TIPO:**

**TRANSMISOR DE PRESIÓN:**  SI  NO  NO  NO  
**MARCA:**   
**MODELO:**   
**TIPO:**   
**SERIAL DE 4 A 20 MA:**  SI  NO  NO

**EQUIPO OPERANDO:**  SI  NO  NO  NO

**OBSERVACIONES**

EL TANQUE SE ENCUENTRA EN BUENAS CONDICIONES.

**FOTOGRAFÍAS**











SUPERVISIÓN SACM	SUPERVISIÓN	CONTRATISTA	NIVEL
FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA

**Figura III.24.** Formato para identificación de tanque de almacenamiento de agua potable.  
 Fuente: PSC, 2013.

 SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MEXICO	GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE SISTEMAS DE AGUA DE LA CIUDAD DE MEXICO DIRECCIÓN GENERAL DIRECCIÓN DE SECTORIZACIÓN	 SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MEXICO	GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE SISTEMAS DE AGUA DE LA CIUDAD DE MEXICO DIRECCIÓN GENERAL DIRECCIÓN DE SECTORIZACIÓN	 SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MEXICO																																																																									
FOJO: _____	LEVANTAMIENTO DE POZOS	FORMATO: FP-1	FOJO: _____	LEVANTAMIENTO DE POZOS	FORMATO: FP-1																																																																								
<b>IDENTIFICACIÓN DEL POZO</b> NO. DE POZO: _____ NOMBRE DEL POZO: _____ VO-# _____ DELEGACIÓN: <u>GUSTAVO A MADEHO</u> MACRO: _____ SECTOR: _____ PLAND: _____ FECHA: <u>8-4-14</u>			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:15%;">MEDIDOR</td> <td style="width:15%;">GASTO</td> <td style="width:15%;">PRESIÓN</td> <td style="width:15%;">CONTROL</td> <td style="width:15%;">INTERRUPTOR</td> <td style="width:15%;"></td> </tr> <tr> <td>MARCA: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>LECTURA: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TIPO: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CLASE: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>RANGO: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DIÁMETRO: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESTADO APARENTE: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CANTIDAD: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>INVENTARIO: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>OPERA: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SERIE: _____</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			MEDIDOR	GASTO	PRESIÓN	CONTROL	INTERRUPTOR		MARCA: _____						LECTURA: _____						TIPO: _____						CLASE: _____						RANGO: _____						DIÁMETRO: _____						ESTADO APARENTE: _____						CANTIDAD: _____						INVENTARIO: _____						OPERA: _____						SERIE: _____					
MEDIDOR	GASTO	PRESIÓN	CONTROL	INTERRUPTOR																																																																									
MARCA: _____																																																																													
LECTURA: _____																																																																													
TIPO: _____																																																																													
CLASE: _____																																																																													
RANGO: _____																																																																													
DIÁMETRO: _____																																																																													
ESTADO APARENTE: _____																																																																													
CANTIDAD: _____																																																																													
INVENTARIO: _____																																																																													
OPERA: _____																																																																													
SERIE: _____																																																																													
<b>UBICACIÓN Y ESTADO DEL POZO</b> CALLE: <u>LEONARDO MARTINEZ</u> ENTRE CALLE: <u>PRIV. MANZ. 23 LOT. 22</u> Y CALLE: _____ COLONIA: <u>MARGARITO P. AYALA</u> ESTADO FÍSICO: <u>BUEN ESTADO</u> ANTIGÜEDAD: <u>26 AÑOS</u> COORDENADAS (UTM) N: _____ E: _____ COTA DE NIVEL: _____			<b>TELEMETRÍA</b> CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS: _____ OPERA: _____ OBSERVACIONES SI PRESENTA GABINETE DE TELEMETRÍA PERO NO CONTIENE LOS APARATOS DE TELEMETRÍA: _____																																																																										
<b>CARACTERÍSTICAS DEL POZO</b> PROFUNDIDAD TOTAL: <u>230 MTS</u> ANCHO: _____ LARGO: _____ DIÁMETRO ADIEN: <u>14"</u> SACA ARENA: <u>NO</u> REHABILITACIÓN: _____ HORAS DE OPERACIÓN TOTAL: _____ HORAS DE OPERACIÓN AL DÍA: <u>24 HRS.</u> GASTO AFORO: _____ NIVEL ESTÁTICO: _____ NIVEL DINÁMICO: _____ TIPO DE INSTALACIÓN: _____ OBSERVACIONES: _____			<b>CABLES</b> TIPO: _____ CALIBRE: _____ # HILOS POR FASE: _____ ARRANCADOR 1 MARCA: _____ SI TIPO: <u>TERMOMAGNETICO</u> CAPACIDAD: _____ VOLTAJE DE OP. <u>440 VC</u> VOLT. DE CONTROL: <u>120 HP</u> AMP. ELEVENTO TERM. _____ CAP. INTERRECT. _____ NO. ECONOMICO: _____ SERIE: _____																																																																										
<b>BOBINA 1 (O)</b> MARCA: <u>NEUMAN</u> MODELO: <u>8A10-0803</u> TIPO: <u>SUMERGIBLE</u> NO. DE PASOS: <u>3</u> COLUMNA LONG: <u>84.85</u> DIÁMETRO: <u>8"</u> FUNDA DIÁMETRO: <u>8"</u> FLECHA DIÁMETRO: <u>SI</u> CABEZAL DIAM. SUCC. <u>8"</u> DIAM. SECC.: <u>SI</u> CARGA: <u>100 MTS</u> POTENCIA: <u>SI</u> R.P.M.: <u>3500</u> GASTO NOMINAL: <u>60 LPS</u> EFICIENCIA: <u>SI</u> NO. DE SERIE: <u>SI</u> NO. ECONOMICO: <u>SI</u> OBSERVACIONES: _____			<b>CABLES</b> TIPO: _____ THW CALIBRE: <u>2</u> # HILOS POR FASE: <u>1</u> CAPACITOR 1 MARCA: _____ CAPACIDAD: _____ NO. ECONOMICO: _____ MODELO: _____ FASES: _____ VOLTAJE: _____ SUBESTACIÓN MARCA: <u>CONTINENTAL ELECTRIC</u> TIPO: <u>POSTE</u> VOLTAJE DE OPERACIÓN: <u>150 KVVA</u> NO. ECONOMICO: _____ VOLTAJE AT. _____ NO. DE SERIE: <u>4003</u> OBSERVACIONES: _____																																																																										
<b>DATOS DE FONTANERÍA Y ACCESORIOS</b> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>VALVULAS</th> <th>SECCIONAMIENTO</th> <th>RETENCIÓN</th> <th>ALIVIO</th> <th>V.A.S.A.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MARCA: _____</td> <td><u>RUIZ</u></td> <td><u>MEX</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CLASE: _____</td> <td><u>250</u></td> <td><u>120</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TIPO: _____</td> <td><u>SECCIONAMIENTO</u></td> <td><u>RETENCIÓN</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MATERIAL: _____</td> <td><u>ACERO</u></td> <td><u>ACERO</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DIÁMETRO: _____</td> <td><u>10" Y 4"</u></td> <td><u>10"</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ESTADO APARENTE: _____</td> <td><u>BUEN ESTADO</u></td> <td><u>BUEN ESTADO</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>OPERA: _____</td> <td><u>SI</u></td> <td><u>SI</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FUNCIÓN: _____</td> <td><u>SECCIONA</u></td> <td><u>RETIENE</u></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CANTIDAD: _____</td> <td><u>2</u></td> <td><u>1</u></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			VALVULAS	SECCIONAMIENTO	RETENCIÓN	ALIVIO	V.A.S.A.	MARCA: _____	<u>RUIZ</u>	<u>MEX</u>			CLASE: _____	<u>250</u>	<u>120</u>			TIPO: _____	<u>SECCIONAMIENTO</u>	<u>RETENCIÓN</u>			MATERIAL: _____	<u>ACERO</u>	<u>ACERO</u>			DIÁMETRO: _____	<u>10" Y 4"</u>	<u>10"</u>			ESTADO APARENTE: _____	<u>BUEN ESTADO</u>	<u>BUEN ESTADO</u>			OPERA: _____	<u>SI</u>	<u>SI</u>			FUNCIÓN: _____	<u>SECCIONA</u>	<u>RETIENE</u>			CANTIDAD: _____	<u>2</u>	<u>1</u>			<b>CLORADOR 1</b> MARCA: _____ TIPO: _____ CAPACIDAD KW: _____ MODELO: _____ NO. ECONOMICO: _____ CAPACIDAD GPD: _____ VOLTAJE DE OP: _____ NO. DE SERIE: _____ OBSERVACIONES: _____																								
VALVULAS	SECCIONAMIENTO	RETENCIÓN	ALIVIO	V.A.S.A.																																																																									
MARCA: _____	<u>RUIZ</u>	<u>MEX</u>																																																																											
CLASE: _____	<u>250</u>	<u>120</u>																																																																											
TIPO: _____	<u>SECCIONAMIENTO</u>	<u>RETENCIÓN</u>																																																																											
MATERIAL: _____	<u>ACERO</u>	<u>ACERO</u>																																																																											
DIÁMETRO: _____	<u>10" Y 4"</u>	<u>10"</u>																																																																											
ESTADO APARENTE: _____	<u>BUEN ESTADO</u>	<u>BUEN ESTADO</u>																																																																											
OPERA: _____	<u>SI</u>	<u>SI</u>																																																																											
FUNCIÓN: _____	<u>SECCIONA</u>	<u>RETIENE</u>																																																																											
CANTIDAD: _____	<u>2</u>	<u>1</u>																																																																											

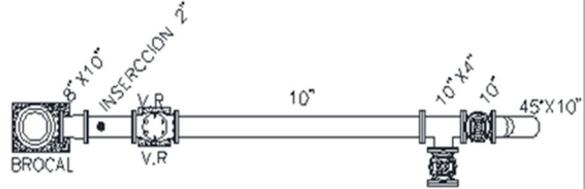
 SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MEXICO	GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE SISTEMAS DE AGUA DE LA CIUDAD DE MEXICO DIRECCIÓN GENERAL DIRECCIÓN DE SECTORIZACIÓN	 SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MEXICO	GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE SISTEMAS DE AGUA DE LA CIUDAD DE MEXICO DIRECCIÓN GENERAL DIRECCIÓN DE SECTORIZACIÓN	 SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MEXICO										
FOJO: _____	LEVANTAMIENTO DE POZOS	FORMATO: FP-1	FOJO: _____	LEVANTAMIENTO DE POZOS	FORMATO: FP-1									
<b>CLORADOR 2</b> MARCA: _____ TIPO: _____ CAPACIDAD KW: _____ MODELO: _____ NO. ECONOMICO: _____ CAPACIDAD GPD: _____ VOLTAJE DE OP: _____ NO. DE SERIE: _____ OBSERVACIONES: _____			 											
<b>CROQUIS DEL POZO</b> OBSERVACIONES: _____ <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>REFERENCIA:</td> <td>NO DE POZO:</td> <td>HOJA DE:</td> </tr> <tr> <td>SUPERVISOR SACM:</td> <td colspan="2">NOMBRE DEL RESPONSABLE:</td> </tr> <tr> <td>FIRMA:</td> <td>FIRMA:</td> <td>FIRMA:</td> </tr> </table>			REFERENCIA:	NO DE POZO:	HOJA DE:	SUPERVISOR SACM:	NOMBRE DEL RESPONSABLE:		FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:	 		
REFERENCIA:	NO DE POZO:	HOJA DE:												
SUPERVISOR SACM:	NOMBRE DEL RESPONSABLE:													
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:												
<b>Tubo de descarga del pozo</b> 			 											

Figura III.25. Formato para identificación de pozos. Fuente: PSC, 2013.



---

---

Cabe mencionar que la referenciación se realizó en forma conjunta a la ubicación de las estructuras especiales. Todas las estructuras mencionadas se referenciaron en campo mediante el empleo de GPS, con los mismos equipos y procedimientos explicados en el subcapítulo III.4.6, y con el apoyo de la planimetría de la cartografía del INEGI digitalizada en medios magnéticos.

#### III.4.9. Desasfaltado de tapas

Ya ubicadas con precisión un número suficiente de estructuras no visibles se procedió a realizar la actividad de desasfaltado. A pesar de tratarse de una actividad sencilla que podría realizar un sólo trabajador, se emplearon dos personas por estructura con la finalidad de disminuir los riesgos y acelerar el trabajo, uno de ellos realizó el trabajo de desasfaltado, mientras el otro desviaba el tránsito de vehículos o ayudaba a mover el material y recoger el escombros.

Antes de comenzar con esta actividad el responsable de los trabajos presentó su programa de desasfaltado a la supervisión del SACMEX para su autorización. En este programa se definieron conjuntamente las estructuras que se consideraron necesarias de desasfaltar o las tapas que serán abiertas de acuerdo a la importancia que tengan para conocer el funcionamiento de la red. (figura III.27).



**Figura III.27.** Tapa de caja de válvula que requiere desasfaltado. Fuente: PSC, 2013.

Se tuvo especial cuidado con el gas que posiblemente estuviera atrapado dentro de las cajas de válvulas, ya que este puede ser tóxico o explosivo. En los casos en que se detectó la presencia de gas, se tuvo abierta la estructura por un período considerable de tiempo con el fin de

---

---

ventilarla y se utilizaron mascarillas durante el ingreso a la misma.

El sitio a desasfaltar se marcó previamente con pintura o fue mostrado directamente al peón que hizo la labor. Se trabajó con sumo cuidado para no abarcar más área necesaria y para no dañar la tapa. Una vez concluida esta actividad se procedió a realizar la inspección de la estructura.

El material sobrante se fue acumulando junto a la banqueta para que lo recogiera el mismo día una camioneta del ejecutor y lo depositara en los sitios de tiro previamente definidos por la supervisión del SACMEX. Para agilizar la acreditación de estos trabajos se presentaron fotografías previas y posteriores a la realización de los mismos (figura III.28).



**Figura III.28.** Proceso de desasfaltado de una caja de válvulas. Fuente: PSC, 2013.

Al finalizar esta actividad se desasfaltaron un total de 45 tapas de cajas, debido a que fueron las que se encontraron en esta condición.

A continuación se muestra el formato que se llena al realizar los trabajos y que se anexa al reporte de inspección (figura III.29).

PLANEACION SISTEMAS Y CONTROL S.A. DE C.V. LEVANTAMIENTO DE CAJAS DE VALVULAS SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MEXICO (SACM)							
DELEGACION	GUSTAVO A. MADRERO		MACRO	I	SECTOR	11	
NUMERO DE CAJA:	9180-4-GAUGA-11-C		FECHA:	05-mar-14		PLANO	NOISEH
CALLE:	PUERTO MAZATLAN		ERG.	PUERTO PROGRESO			
COLONIA:	AMPLIACION CASAS ALEMAN		Y CALLE:				
P	TIPO DE CALLE:						
	(F) PAVIMENTADA	(T) TIERRA	(C) CONCRETO	(D) OTRO	(A) ADOQUIN		
	(B) EMPEDRADA	(M) MODERADO	(R) BAJO	(N) NO EXISTE			
I	TRANSITO VEHICULAR:						
	(1) INTENSO	(M) MODERADO	(R) BAJO	(N) NO EXISTE			
I	UBICACION LONGITUDINAL:						
	(C) CRUCERO	(I) INTERMEDIA EN CUADRA					
A	UBICACION TRANSVERSAL:						
	(B) BANQUETA	(A) ARROYO	(C) CAMELLON				
C	TAPAS A NIVEL DE LA CALLE:						
	(A) MAS ALTA	(B) MAS BAJA	(C) A NIVEL				
F	TIPOS DE TAPAS:						
	(C) CONCRETO CON MARCO METALICO	(F) FIERRO FUNDIDO	(M) MARIMBAS				
E	ESTADO DE TAPAS:						
	(B) SELLADAS	(E) ENTERAS	(C) SIN BISAGRAS	(R) ROTAS	(F) SIN PERNOS	(A) AGRIETADAS	
D	TRABAJO REQUERIDO:						
	(A) APERTURA	(C) DESASFALTAR	(N) NIVELAR	(R) REEMPLAZAR	(O) NINGUNO		
NO DE TUBO							
1	DIAMETRO	MATERIAL	PROF A PLANTILLA	CAJA SIGUIENTE	PLANO ADYACENTE		
2	4	PAD	1.40				
3	4	PAD	1.40				
4	4	PAD	1.40				
5	4	PAD	1.40				
FOTOGRAFIAS							
							
Fotografía de Localización			Fotografía de Caja Asfaltada				
COORDENADAS UTM			NUMERO DE TAPAS				
N: 2228.84			2				
E: 483.86356			GERARDO RIVERA SANTIAGO				
ELEVACION: 2228.84 msnm			Clima				
			HORA: 10				

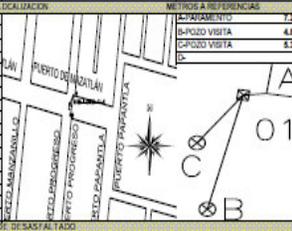
D	FACILIDAD DE APERTURA:					
	(F) FACIL	(R) REGULAR	(D) DIFICIL			
N	PRESENCIA DE GASES:					
	(N) NULA	(L) LEVE	(R) REGULAR	(P) PELIGROSO		
N	PRESENCIA DE GRASA Y ACEITES:					
	(N) NULA	(L) LEVE	(R) REGULAR	(P) PELIGROSO		
L	ESTADO ORIGINAL:					
	(L) LIMPIA	(I) INUNDADA	(B) CON BASURA	(A) AZOLVADA		
A	CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA:					
	(B) BUENA	(A) ACEPTABLE	(D) DEFICIENTE			
A	CONDICIONES DE LAS VALVULAS:					
	(B) BUENAS	(A) ACEPTABLES	(M) MALAS			
N	FUGAS EN LOS TUBOS DE LAS VALVULAS:					
	(N) NULO	(G) GOTEO	(F) FUERTE			
N	TRABAJOS REQUERIDOS EN LA CAJA:					
	(N) NINGUNA	(A) ACHICAR	(D) DESAZOLVAR	(O) OBRA CIVIL		
C	MATERIAL DE LA TUBERIA					
	(R) CONCRETO REFORZADO	(F) PAD	(C) ASBESTO CEMENTO	(M) POLICLORURO DE VINILO	(O) OTRO	
DATOS DE LA CAJA						
DIMENSIONES DE LA CAJA (M):		LARGO: 0.90	ANCHO: 0.90	PROFUNDIDAD: 1.80		
PROFUNDIDAD APROX. DE LOS TUBOS (M):		MAXIMA: 1.30		MINIMA: 1.30		
TRABAJO DE PUNTALES ESPECIALES						
Nº PUNTALES	PUNTALES	DIAMETRO	MATERIAL	LOCALIZACION		
1	EXTREMIDAD	4	PAD	METROS A REDONDEAR		
2	EXTREMIDAD	4	PAD	7.20		
3	EXTREMIDAD	4	PAD	4.82		
4	EXTREMIDAD	4	PAD	5.50		
5	VALVULA	4	ACERO			
6	CRUZ	400	FORO			
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
						
OBSERVACIONES						
SE REALIZO APERTURA Y DESASFALTADO						
Supervisor SACM	Miguel Alba Mejia	Planeación Sistemas y Control	Supervisor NISAGUIE	José Francisco García Flores	HORA: 20	
Clima		S.E.M.C.	Clima			

Figura III.29. Formato de entrega del proceso de desasfaltado de una caja de válvulas. Fuente: PSC, 2013.

### III.4.10. Apertura de tapas selladas

Las tapas de las cajas de válvulas se encuentran comúnmente expuestas al intemperismo lo que ocasiona que en muchas de las veces se peguen al marco e impidan su fácil apertura (figura III.30), por lo que se requiere de una actividad extra para realizar dicho trabajo.

Este trabajo se debe realizar cuidando de no estropear o romper la tapa o alguno de sus componentes (marco, contramarco o bisagras) ya que de hacerlo esta estructura quedaría en condiciones de falla o expuesta al robo o vandalismo que es muy común en estos casos por tratarse de hierro fundido que puede ser vendido en los centros de compra de desperdicios industriales.

Esta actividad antes mencionada aunque no representa la misma dificultad que un desasfaltado, requiere del mismo personal.

---

---

Cuando la tapa tuvo algún material que impidiera que esta se abriera libremente, fue necesario quitar el obstáculo y proceder a la apertura y obtención de los datos de la estructura (figura III.31).



**Figura III.30.** Tapa de caja de válvulas que requiere de apertura. Fuente: PSC, 2013.



**Figura III.31.** Proceso de apertura de una caja de válvulas. Fuente: PSC, 2013.

Durante la realización de esta actividad se fueron llenando fichas técnicas que tuvieran la misma información que los formatos de inspección de cajas, pero adicionando fotografías en donde se observará perfectamente en qué condiciones se encontraba la caja antes de ser abierta y otra fotografía que muestra en qué condiciones quedó una vez destapada (figura III.32).

Al finalizar esta actividad se abrieron un total de 86 tapas selladas de cajas, debido a que fueron las que se encontraron en esta condición.

PLANEACION SISTEMAS Y CONTROL S.A. DE C.V. LEVANTAMIENTO DE CAJAS DE VALVULAS SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MEXICO (SACM)			
DELEGACION	GUSTAVO A. MADERO	MACRO	I
SECTOR	67	PLANO	NH4B1
NUMERO DE CAJA:	0004-GAMCU-07-C	FECHA:	26-06-13
CALLE:	DEL CASTILLO	ESP. ENTRE CALLE:	BAJADA DEL CERRITO
COLONIA:	PALMATITLA	Y CALLE:	3 CDA. DEL CASTILLO
P	TIPO DE CALLE: (1) EMPEDRADA (2) PAVIMENTADA (3) TIERRA (4) CONCRETO (5) OTRO (6) ADOQUIN		
M	TRANSITO VEHICULAR: (1) INTENSO (2) MODERADO (3) BAJO (4) NO EXISTE		
C	UBICACION LONGITUDINAL: (1) CRUCERO (2) INTERMEDIA EN CUADRA		
A	UBICACION TRANSVERSAL: (1) BANQUETA (2) ARROYO (3) CAMELLON		
A	TAPAS A NIVEL DE LA CALLE: (1) MAS ALTA (2) MAS BAJA (3) A NIVEL		
F	TIPOS DE TAPAS (1) CONCRETO CON MARCO METALICO (2) FIERRO FUNDIDO (3) MARMISAS		
E	ESTADO DE TAPAS: (1) ENTERRAS (2) SIN BARRAS (3) ROTAS (4) SIN PERNOS (5) AGRIETADAS (6) SELLADAS		
A	TRABAJO REQUERIDO: (1) APERTURA (2) DESASALTAR (3) NIVELAR (4) NINGUNO (5) REEMPLAZAR		
INVENTARIO			
NO DE TUBO	DIAMETRO	MATERIAL	PROF A PLANTILLA
1	12	AC	1.68
2	10	AC	1.75
FOTOGRAFIAS			
COORDENADAS UTM		NUMERO DE TAPAS	
IN	228321.269	2	
EN	4858494	GERARDO MORA SANTAGO	
ELEVACION	2283.86	FECHA	12

D	FACILIDAD DE APERTURA: (1) FACIL (2) REGULAR (3) DIFICIL		
N	PRESENCIA DE GASES: (1) NULA (2) LEVE (3) REGULAR (4) PELIGROSO		
N	PRESENCIA DE GRASA Y ACEITES: (1) NULA (2) LEVE (3) REGULAR (4) PELIGROSO		
L	ESTADO ORIGINAL: (1) LIMPIA (2) INUNDADA (3) CON BASURA (4) AZOLVADA		
A	CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA: (1) BUENA (2) ACEPTABLE (3) DEFICIENTE		
A	CONDICIONES DE LAS VALVULAS: (1) BUENAS (2) ACEPTABLES (3) MALAS		
N	FUGAS EN LOS TUBOS DE LAS VALVULAS: (1) NULO (2) GOTEO (3) FUERTE		
N	TRABAJOS REQUERIDOS EN LA CAJA: (1) NINGUNA (2) ACHICAR (3) DESAZOLVAR (4) OBRA CIVIL		
C	MATERIAL DE LA TUBERIA (1) CONCRETO REFORZADO (2) PVD (3) ASBESTO CEMENTO (4) POLICLORURO DE VINILO (5) OTRO		
DATOS DE LA CAJA			
DIMENSIONES DE LA CAJA (m):	LARGO: 4.80	ANCHO: 1.80	PROFUNDIDAD: 2.10
PROFUNDIDAD APROX. DE LOS TUBOS (m):	MAXIMA: 1.80	MINIMA: 1.50	
DIAMETRO DE PIEZAS ESPECIALES		LOCALIZACION	
NO PIEZA	PIEZA	DIAMETRO	MATERIAL
1	EXTIMMO	12	FOFO
2	EXTIMMO	10	FOFO
3	TE	12x10	FOFO
4	JUNTA GIBALLET	10	FOFO
5	CARBETE	10	FOFO
6	CODO	10x10	FOFO
7	CARBETE	10	FOFO
8	VALVULA	10	ACERO
9	CARBETE	10	FOFO
10	CODO	10x10	FOFO
11	CARBETE	10	FOFO
12	REDACCION	12x10	FOFO
13	TE	10x10	FOFO
14	VALVULA	10	ACERO
15	VALVULA	10	ACERO
16	VALVULA	10	ACERO
PROCESO DE APERTURA			
OBSERVACIONES			
DE REALIZO APERTURA			
Supervisor SACM	Miguel Alba Mijal	Planeación Sistemas y Control	Supervisor RESAGUIE
Fecha		AGG	José Francisco García Flores
			HOJA: 20

Figura III.32. Formato de entrega del proceso de apertura de una caja de válvulas. Fuente: PSC, 2013.

### III.4.11. Desazolve o achique de cajas

Si al destapar una caja de válvulas se observaba la presencia de agua, azolve o basura, y ello impidiera su inspección; se procedió a eliminar ese obstáculo hasta un nivel que permitiera obtener la información requerida (figura III.33).

Por tratarse de una actividad necesaria sólo para algunas estructuras se requirió aplicar un control administrativo especial, el cual se especifica más adelante.

Para la realización de esta actividad también se entregó a la supervisión, un programa de actividades para su autorización. El procedimiento seguido para tal efecto, así como otros detalles, se describe a continuación:

Para desazolver o limpiar una caja de válvulas, se empleó un cucharón con mango largo y en

---

---

otros casos, cuando fue posible introducirse a las cajas, se utilizaron botes. El material desalojado se fue acumulando donde no produjera molestias, para ser retirado ese mismo día por el contratista y depositado en los sitios de tiro previamente definidos con la supervisión del SACMEX.



**Figura III.33.** Caja de válvulas que requiere de un proceso de achique o desazolve. Fuente: PSC, 2013.

Es importante realizar esta actividad cuidando de no golpear las válvulas y tuberías ya que esto puede generar una fuga en el vástago de la válvula o una fractura de la tubería en el caso del asbesto cemento y en el caso de las tuberías de polietileno de alta densidad (PAT) se puede generar una falla en las bridas o en las juntas termofusionadas (figura III.34).

La finalidad de esta actividad es descubrir el arreglo de la fontanería para poder recabar datos veraces en el formato de inspección (figura III.35).

Cuando se destapa una caja y está se encuentra inundada y no se puede ver el arreglo de la fontanería, es necesario realizar un trabajo de achique. Para achicar (desaguar) una caja de válvulas inundada, se utilizó una motobomba de combustión interna, con mangueras de succión

y descarga suficientemente largas para operar sin molestias al tránsito vehicular y descargar directamente a una coladera o pozo de visita cercano. En las ocasiones que no fue posible operar la bomba debido a que el espacio dentro de la caja no permitiera realizar tal acción o por otras circunstancias (presencia de agua lodo) se utilizó un bote y el achique se realizó manualmente (figura III.36).



**Figura III.34.** Proceso de desazolve de una caja de válvulas. Fuente: PSC, 2013.

El resultado de esta actividad al igual que el desazolve es poder conocer de manera clara el arreglo de la fontanería dentro de la estructura para el correcto llenado del formato correspondiente (figura III.37).

La duración y características del trabajo se reportó en una ficha técnica especial y aprobada por el SACMEX, que incluye fotografías de las cajas con el azolve o inundadas y fotografías de las cajas como quedaron una vez que se retiró el azolve o el agua.

En este punto es conveniente aclarar que el rubro no incluye la limpieza total de la caja tanto de azolve como de agua, sino solamente hasta los niveles que permitan observar a la perfección las tuberías y demás piezas especiales que conforman el cruce.



PLANEACION SISTEMAS Y CONTROL S.A. DE C.V. LEVANTAMIENTO DE CAJAS DE VALVULAS SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MEXICO (SACM)			
DELEGACION	GUSTAVO A. MADERO	MACRO	I
SECTOR	13	PLANO	NITDA
NUMERO DE CAJA:	0308-I-GANSA-10-C	FECHA:	19-06-14
CALLE:	APATZINGAN	EDO:	CALPULALPAN
ENTRE CALLE:		Y CALLE:	
COLOMIA:	SAN FELIPE DE JESUS		
P	TIPO DE CALLE:	(F) PAVIMENTADA	(C) CONCRETO
		(E) EMPEDRADA	(T) TIERRA
		(D) OTRO	(A) ADQUIN
M	TRANSITO VEHICULAR:	(1) INTENSO	(M) MODERADO
		(B) BAJO	(N) NO EXISTE
C	UBICACION LONGITUDINAL:	(C) CRUCERO	(I) INTERMEDIA EN CUADRA
A	UBICACION TRANSVERSAL:	(B) BANQUETA	(A) ARROYO
		(C) CAMELLON	
C	TAPAS A NIVEL DE LA CALLE:	(A) MAS ALTA	(B) MAS BAJA
		(C) A NIVEL	
F	TIPOS DE TAPAS:	(C) CONCRETO CON MARCO METALICO	(F) FERRO FUNDIDO
		(M) MARIEMAS	
E	ESTADO DE TAPAS:	(E) ENTERAS	(R) ROTAS
		(S) SELLADAS	(C) SIN BARRAS
		(P) SIN PERFOROS	(A) AGRIETADAS
O	TRABAJO REQUERIDO:	(A) APERTURA	(N) NIVELAR
		(D) DESASALTAR	(R) REEMPLAZAR
		(C) NINGUNO	
NIVELADO			
NO DE TUBO	DIAMETRO	MATERIAL	PROF A PLANTILLA
CAJA SIGUIENTE	PLANO ADYACENTE		
1	12	PAV	1.80
2	4	PAV	1.80
3	12	PAV	1.80
FOTOGRAFIAS			
			
Fotografía de Localización		Fotografía de la caja inundada	
COORDENADAS UTM		NUMERO DE TAPAS	
N		1	
E		JUAN GARCIA CASTILLO GOMEZ	
ELEVACION		FORMA	
mnm.		12	
FACILIDAD DE APERTURA:			
F	(F) FACIL	(R) REGULAR	(D) DIFICIL
PRESENCIA DE GASES:			
N	(N) NULA	(L) LEVE	(R) REGULAR
		(P) PELIGROSO	
PRESENCIA DE GRASA Y ACEITES:			
N	(N) NULA	(L) LEVE	(R) REGULAR
		(P) PELIGROSO	
ESTADO ORIGINAL:			
I	(L) LIMPIA	(I) INUNDADA	(B) CON BASURA
		(A) AZOLVADA	
CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA:			
A	(B) BUENA	(A) ACEPTABLE	(D) DEFICIENTE
CONDICIONES DE LAS VALVULAS:			
A	(B) BUENAS	(A) ACEPTABLES	(M) MALAS
FUGAS EN LOS TUBOS DE LAS VALVULAS:			
N	(N) NULO	(G) GOTEO	(F) FUERTE
TRABAJOS REQUERIDOS EN LA CAJA:			
A	(N) NINGUNA	(A) ACHICAR	(D) DESAZOLVAR
		(C) OSRA CIVIL	
MATERIAL DE LA TUBERIA			
P	(C) CONCRETO REFORZADO	(F) PAV	(C) ASBESTO CEMENTO
		(V) POLICLORURO DE VINILO	(O) OTRO
DATOS DE LA CAJA			
DIMENSIONES DE LA CAJA (m):		LARGO: 1.50	ANCHO: 1.00
		PROFUNDIDAD: 1.80	
PROFUNDIDAD APROX. DE LOS TUBOS (m):		MAXIMA: 1.80	MINIMA: 1.80
SUMINISTRO DE PIEZAS ESPECIALES			
NO. PIEZA	CANTIDAD	DIAMETRO	MATERIAL
1	2	12	PAV
2	2	4	PAV
3	2	12	PAV
4	1	6	ALUMI
5	1	12	ALUMI
6	1	12	ALUMI
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
LOCALIZACION			
			
PROCESO DE ACHIQUE			
			
OBSERVACIONES			
LA CAJA FUE ACHICADA			
Supervisor SACM	Miguel Alba Mejia	Planificación y Control	Supervisor REINAGU
Forma	Forma	11.0.0	Forma
JUAN FRANCISCO CASTILLO GOMEZ		JOSE FRANCISCO CASTILLO GOMEZ	
FORMA		FORMA	
12		12	

Figura III.37. Formato de entrega del proceso de achique de una caja de válvulas. Fuente: PSC, 2013.

#### III.4.12. Revisión de congruencia de agua potable en la delegación Gustavo A. Madero

Una vez vaciada toda la información en los planos base y verificando que no existieran problemas de representación gráfica, se verificó la congruencia de la información. Las consideraciones que se tomaron en cuenta fueron las siguientes:

- Normalmente en cada calle de la ciudad debe existir al menos una línea de agua potable, que se puede comprobar con la localización de toma domiciliaria.
- El diámetro mínimo de las tuberías es de 5 cm (diámetro nominal) según la norma, aunque si físicamente se detectan diámetros menores durante la inspección estos se incluyeron en el levantamiento.
- El número de válvulas de seccionamiento por km<sup>2</sup> urbano oscila entre 80 y 180.
- El número mínimo de válvulas de seccionamiento normalmente es de 1.7 por km; es

---

---

decir, una válvula por cada 600 m de circuito de distribución.

- La reducción de un tubo para incluir válvulas de compuerta no debe ser menor a la cuarta parte de su diámetro.
- Un tubo generalmente se subdivide, mediante “tees” ó “cruces”, en 2 o 3 tubos menores, cuya suma de áreas hidráulicas sea equivalente.
- Las dimensiones de una caja de válvulas (largo, ancho y alto) está en función del diámetro más grande de la tubería que aloja.

La revisión de congruencia hidráulica consistió en definir la conectividad de las diferentes estructuras que integran la red; verificando que los datos del plano coincidieran con los del formato correspondiente, y con levantamiento de estructuras especiales, que no haya discontinuidad en la existencia de las tuberías, variación de diámetros en cajas intermedias y conectadas con la misma tubería y que el área de operación del SACMEX esté de acuerdo con la información levantada.

Analizada en gabinete la información recopilada y levantada toda la información en campo, se realizó la revisión de congruencia hidráulica, consistente en definir la conectividad entre estructuras con base en la revisión de los siguientes datos:

- Fichas técnicas (formatos) con los diámetros y materiales de las tuberías existentes.
- Fichas con la ubicación de cajas de válvulas y sus cotas de terreno.
- Fichas técnicas para la ubicación de las redes de distribución, con información de diámetros, materiales y estado actual de cada uno de ellos.
- Fichas técnicas en donde se determinan las líneas de conducción que trabajan a presión, indicando su diámetro y material de fabricación y el posible riesgo de fuga que en ellas exista. Se realizó el levantamiento en planta, diámetros, materiales, longitud, si se encuentran superficiales, en cepas, encofrados, en los planos por medio de simbología se especificaron los diámetros.
- Se identificaron y ubicaron las líneas existentes, proporcionando información en cuanto a sus dimensiones, materiales, estado de conservación y operación (figura III.38).
- Estaciones de bombeo existentes conteniendo información referente a capacidad instalada, material, característica y estado actual del equipo instalado y plano de instalaciones. características de las estructuras de concreto o mampostería, instalaciones

---

---

eléctricas, equipos eléctricos; sistema de distribución, potencia, bomba(s) verticales, sumergibles, motor(es), ductos, alumbrado exterior, del equipo mecánico; tren de descarga, piezas especiales, válvulas, tubería, diámetros de entradas y salidas, manómetros, medidores, desfuegos, derivaciones, en los planos por medio de simbología se especificarán los diámetros, materiales, entre otros, presentando fotografías, así como planos de conjunto, cortes, alzados y de detalles, indicando todas las características de las instalaciones. Incluyendo una descripción de las instalaciones de las estaciones de bombeo existentes, que incluye: nombre y ubicación, antigüedad, número de unidades que integran los mismos, así como las características inherentes tal como: capacidad de cada una de las unidades (figura III.39).

- Tanques de regulación existentes conteniendo información referente a capacidad instalada, material, característica y estado actual de la fontanería y plano de instalaciones. Se identificaron los materiales de construcción, acotaciones, capacidad en m<sup>3</sup> (figura III.40).
- Plantas potabilizadoras existentes, conteniendo información referente a capacidad instalada, caudales tratados, deficiencias, características y estado actual del equipo instalado y planos de instalaciones electromecánicas. Se identificaron materiales de construcción, acotaciones, profundidad, gastos de entradas y salidas, diámetros de entradas y salidas, materiales, características de las estructuras de concreto o mampostería, instalaciones eléctricas, potencia, bomba(s) verticales, sumergibles, motor(es), ductos, calibres de cables, alumbrado exterior, del equipo mecánico; tren de descarga, piezas especiales, válvulas, tubería, diámetros de entradas y salidas, manómetros, medidores, desfuegos, derivaciones, en los planos por medio de simbología se especifican los diámetros, materiales, entre otros, presentando fotografías, así como cortes, alzados y detalles, indicando todas las características de las instalaciones.

Cuando el análisis de la red revelaba la existencia de incongruencias o que no se cumplen las normas de construcción se verificó si se debía a errores de campo o de interpretación de la información reportada, o bien si se trataba de deficiencias reales del sistema hidráulico (hundimientos del subsuelo, fallas de construcción o problemas de operación), cuando el caso lo

ameritaba se efectuaron nuevamente las inspecciones de campo para quedar plenamente convencidos de la información recabada.



**Figura III.38.** Análisis de congruencia de agua potable de líneas existentes. Fuente: PSC, 2013.



**Figura III.39.** Análisis de congruencia de agua potable con conexión a rebombes. Fuente: PSC, 2013.



**Figura III.40.** Análisis de congruencia de agua potable con conexiones a tanques y rebomberos.  
 Fuente: PSC, 2013.

Finalmente y una vez depurada la información se elaboraron los planos definitivos de la zonas levantadas.

Se empleó el término “plano base” para designar los planos escala 1:2000, que contienen planimetría, cuadros y títulos de identificación, simbología y notas generales, a los que se sobrepone la información de las redes de agua potable obtenida durante el levantamiento.

La información obtenida del levantamiento de las redes hidráulicas, se integró al SIG y junto con la información de planimetría, se procedió a elaborar los planos finales respetando las especificaciones que se describen a continuación:

- Los planos se elaboraron exclusivamente con tinta negra y utilizando puntos que garantizan la calidad de las líneas o equipos de inyección de tinta. Para los trabajos preliminares y de campo, se obtuvieron copias de los planos base, sobre los que se planearon los trabajos y se vació información preliminar.
- Cada plano base se elaboró con dimensiones finales de 102 x 74 cm (largo por ancho). Esta área se dividió en dos partes principales, el cuerpo del plano y la información marginal. El primero comprende un área de 100 x 50 cm y contiene la planimetría, información gráfica de la red respectiva. La segunda parte, la información marginal,

---

---

ocupa un área de 100 x 21 cm y contiene los recuadros de identificación, localización, notas y simbología, entre otros.

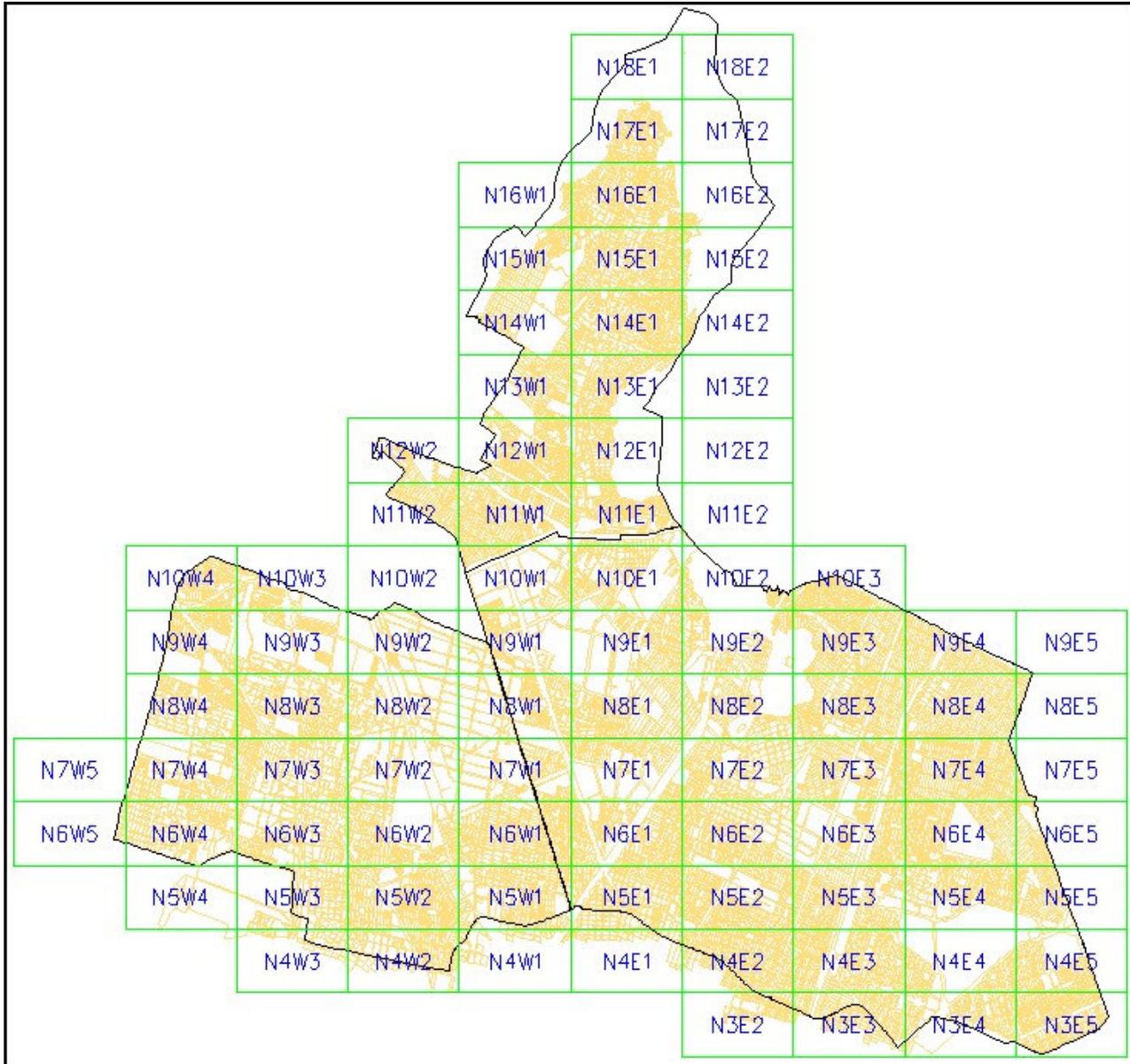
- Con las dimensiones anteriores, en cada plano base escala 1:2000, queda representada una zona de 2,000 metros en el sentido de las X (abscisas) y 1,000 metros en el sentido de las Y (ordenadas), esto es, una superficie de 2.0 km<sup>2</sup>.
- En la captura de la información cartográfica, se respetaron las múltiples capas temáticas (layers) que aparecen en el SIG, con objeto de facilitar su interpretación para una posterior explotación de los datos y flexibilidad en la presentación de los mismos. Estas capas poseen su metadato correspondiente, con el objeto de mantener un control sobre la calidad y antigüedad de los datos de la capa.
- La incorporación de datos geográficos se realizó por dos métodos: directos e indirectos. El método directo consistió en recopilar datos en campo, durante los recorridos preliminares; los datos recabados fueron analizados, a fin de detectar incongruencias e inexactitudes, a fin de ser corregido o ratificado el dato, e incorporarlo a la base de datos cartográfica. El método indirecto permite obtener datos cartográficos a partir de medios impresos y/o digitales, de los cuales se incorpora única y exclusivamente lo de interés para el estudio. Ambos métodos se realizaron de manera paralela, siguiendo un programa que evitó la duplicidad de acciones y esfuerzos, especialmente al determinar qué elementos geográficos fueron capturados por alguno de los dos métodos antes explicados.

Para la delegación GAM se dibujaron un total de 100 planos agrupados en el plano base como lo muestra la figura III.41.

#### Transferencias de datos al SIG

Una vez que la información catastral fue levantada en campo y capturada en archivos digitales del tipo “hoja de cálculo” (Excel ó Word Office 2007 o superior), debidamente requisitados y llenados de acuerdo a las especificaciones solicitadas por el SACMEX, se procedió entonces a realizar un proceso de consulta automatizado por celda haciendo uso de la ruta y nombre de cada archivo, con lo cual fue posible extraer cada uno de los datos que se encontraban en las fichas de cajas de válvulas y estructuras especiales, integrando así una base de datos con los registros de todos los elementos de la infraestructura hidráulica inventariados. Es importante

mencionar que dicho proceso se efectuó separando en una base de datos lo correspondiente a las cajas de válvulas y en otra las estructuras especiales, como pozos de abastecimiento, tanques de almacenamiento y regulación, plantas de bombeo, plantas potabilizadoras y estaciones de medición permanente.



**Figura III.41.** Nomenclatura del mosaico de planos de infraestructura hidráulica. Fuente: PSC, 2013.

Cada una de las cajas de válvulas y de las estructuras especiales fue nombrada con una clave irrepetible, la cual se encuentra conformada inicialmente por el número consecutivo, el número del macrosector (en este caso correspondiente al macrosector I), las iniciales de la delegación y del sistema operativo, el número de sector y finalmente, el tipo de estructura de que se trata

---

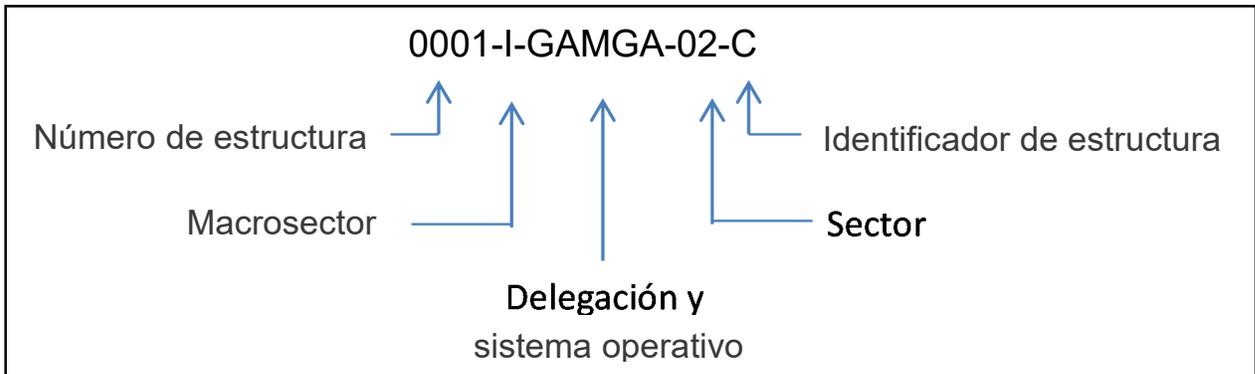
---

con la finalidad de ubicarlas en el SIG.

El número de caja está compuesto de 4 dígitos, rellenando con ceros a la izquierda del dato introducido.

Es importante mencionar que se efectuó el proceso de validación para asegurar que el número de caja no hubiera sido duplicado en un mismo sector.

La unión de número de caja, macrosector, delegación, sistema operativo y sector conformaron la clave única para cada caja (figura III.42).



**Figura III.42.** Componentes de la clave única de infraestructura hidráulica. Fuente: PSC, 2013.

El identificador de cada estructura corresponde a una letra, misma que fue predefinida en el SIG del SACMEX y que se presenta en el cuadro III.20.

Tipo de infraestructura	Identificador
Cajas de válvula	C
Pozos	P
Tanques	T
Plantas potabilizadoras	O
Plantas de bombeo	R
Estaciones de medición	E
Registros telescópicos	B

**Cuadro III.20.** Identificador de tipo de estructura. Fuente: PSC, 2013.

Las iniciales de las delegaciones, así como las correspondientes al(os) sistema(s) operativo(s), fueron previamente definidos con el personal responsable del SACMEX, a fin de que fueran incorporados en los catálogos del SIG.

Una vez concluido el proceso de integración y validación de las bases de datos, tanto las

correspondientes a las cajas de válvulas, como las de estructuras especiales, se procedió a realizar la “carga masiva” al SIG del SACMEX.

Por razones de seguridad informática, dicho proceso fue efectuado por personal del SACMEX, brindándose para ello el apoyo y seguimiento requerido hasta lograr la correcta transferencia de la información, atendiendo las correcciones, cambios y/o modificaciones solicitadas sobre las bases de datos, hasta el momento en que ésta logró ser efectivamente consultada y administrada en el SIG existente.

Los archivos digitales de las fichas de captura fueron entregados al personal designado por el SACMEX, a efecto de que fueran copiados al servidor que alberga al SIG (figuras III.43 y III.44).



**Figura III.43.** Página de consulta del SIG del SACMEX. Fuente: PSC, 2013.

Identificación de las Cajas de Válvulas				Coordenadas		
Número	Clave:	Delegación	Identificador		X	Y
0001	0001-III-AOBSS-02	ALVARO OBREGON	AOB	SS	0	0
Macro	Sector					
III	02					
Plano (N o S, # #, W o E, # #)			Fecha(YYYY-MM-DD): 			
N22E32			2013-05-22			
Ubicación						
Calle	Entre Calle	Y Calle				
CALLE 111		CALLE 111				
Colonia	Cota de nivel de la tapa (m.s.n.m)					
COLONIA 111						
						
<p>Cajas <b>Estado</b> Localizacion Referencias Fotos Inventario Condiciones Datos Material Croquis Simbologia Observaciones</p>						
ESTADO DE LA CAJA DE VALVULAS Y TAPA						
Tipo de Calle	Pavimento asfalto	Transito vehicular	Moderado			
Ubicacion longitudinal	Crucero	Ubicacion transversal	Banqueta			
Tapas a nivel de la calle	Mas alta	Estado de Tapas	Rotas			
Trabajos requeridos	Reemplazar					
<p><b>Guardar</b></p>						
<p>Derechos Reservados Sistema de Aguas de la Ciudad de México © 2012   Comentarios y Sugerencias a <a href="mailto:sacm@sacm.gob.mx">sacm@sacm.gob.mx</a> SIC Calle Nezahualcoyotl No. 109, Col. Centro, C.P. 06080, Delg. Cuahutemoc, Distrito Federal, Tels. (55) 5130-4444</p>						

**Figura III.44.** Página de registro de estructuras del SIG del SACMEX. Fuente: PSC, 2013.

---

---

***Capítulo IV.***  
***Conclusiones y***  
***recomendaciones***

---

---

---

## **CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El contar con información actualizada, confiable y ordenada sistemáticamente se ha vuelto una necesidad de primer orden para un Organismo Operador de recursos hidráulicos, esto debido a que tal información es vital en la toma de decisiones que impactan directamente a la sociedad. Es aquí donde resalta la importancia del Catastro, pues éste nos permite conocer de manera clara y expedita las condiciones en que se encuentra la infraestructura hidráulica, constituyéndose a la vez, como una valiosa herramienta en procesos más complejos como la sectorización y la simulación, las cuales permiten mejorar el manejo y hacer más eficiente el funcionamiento de una red.

Aunado a lo anterior, consideramos el uso de un SIG como una herramienta informática más que permite el ordenamiento, clasificación y estructuración de toda la información resultante de este tipo de estudios, de tal manera que cualquier persona pueda hacer uso de esta información en la toma de decisiones para el mejoramiento de la red.

Es así que podemos decir que el Catastro hidráulico proporciona una radiografía detallada y actualizada de la infraestructura hidráulica de una zona o región; con él obtenemos información valiosa de los componentes de la red que tienen que ver con las características de los elementos que la componen y su localización precisa en la zona de estudio.

Para ello el Catastro se compone de una serie de actividades tanto de gabinete como de campo las cuales deben realizarse de acuerdo a un procedimiento, es decir con una secuencia organizada y establecida que en ocasiones deberán ser simultáneas; se apoya fuertemente tanto en la información previa como en la disponible al momento de iniciar los trabajos, también se apoya de una manera importante en las actividades de campo a través de brigadas previamente organizadas que se abocan al levantamiento masivo de la zona en estudio con base en una planeación previa de rutas.

El Catastro hidráulico requiere necesariamente del empleo de personal capacitado con conocimiento y experiencia en redes hidráulicas y de las herramientas de apoyo, como la georeferenciación con GPS por ejemplo, ya que esto permitirá efectuar una adecuada planeación de los trabajos y optimizar los tiempos en la localización de estructuras así como en la toma de datos o en las actividades adicionales que en ellas deba hacerse como es el caso de

---

---

las nivelaciones.

Las medidas de seguridad y precauciones son importantes en esta actividad tanto para proteger al personal de las brigadas cuando realizan su labor en el arroyo vehicular como para las personas que transitan por las zonas aledañas a la zona donde se realice el levantamiento, y ante la posible presencia de gases tóxicos o explosivos atrapados en las cajas de válvulas.

Los datos obtenidos necesariamente deben ser vaciados en un SIG con la finalidad de incrementar su utilidad ya que con ello se facilita el manejo y consulta, lo cual es de gran apoyo para la toma de decisiones que tengan que ver con el mantenimiento, ampliación, sectorización o modelación de la red, es decir, que el Catastro representa el principio de una correcta gestión del agua ya que resuelve la duda de que es lo que se tiene y donde se encuentra para luego continuar con las acciones que remedien los problemas y retos en la gestión del agua.

En cuanto al Catastro del caso en estudio, delegación Gustavo A. Madero, podemos decir que no se presentaron mayores inconvenientes salvo en zonas con alto flujo vehicular, lo cual se resolvió con el apoyo de señalizaciones y bandereros para el desvío vehicular, tampoco se localizaron concentraciones de gases tóxicos en las cajas y el acceso a las estructuras especiales se realizó sin dificultad alguna.

Como resultado de la recopilación y análisis de información se obtuvo una visión completa de la situación de la infraestructura hidráulica, lo que sirvió como punto de partida para la correcta planeación de las actividades a realizar.

Los recorridos preliminares permitieron identificar los puntos más conflictivos en cuestiones de vialidad y seguridad, además de aportar información valiosa para el trazo de las rutas de inspección y nivelación, así como corroborar la planimetría existente para su posterior corrección.

En la nivelación de tapas no hubo contratiempos mayores sólo se concluyó que los bancos de nivel oficiales del SACMEX de la zona presentan hundimientos por lo que se recomendó al Organismo Operador tomar acciones correctivas para mediciones más precisas en futuros Catastros.

En cuanto a la actualización de la planimetría, esta se realizó en el 87% de la zona en estudio ya que se detectaron problemas de planimetrías incompletas en la información proporcionada por el SACMEX, así como falta de toponimia e incongruencia en nombres de calles, para este caso se

---

---

recomienda una actualización periódica y completa de la planimetría del SACMEX con los planos del INEGI.

Para la actividad de inspección y referenciación de cajas se concluyó que la mayoría de ellas tienen tapas de fierro fundido en buen estado y a nivel de calle sin presencia de gases.

La georeferenciación de cajas con GPS demostró una ventaja significativa que coadyuvo de manera importante en la incorporación de información en el SIG, por lo que su uso es recomendable e imprescindible en futuros levantamientos.

En cuanto a la detección y ubicación de cajas no se presentó mayor dificultad gracias al empleo de detector de metales y de personal calificado, así como a la consulta con los colonos de la zona, la cantidad de cajas ocultas que fue necesario detectar resultó baja, apenas el 2% del total de cajas existentes en la zona de estudio.

La ubicación y referenciación de estructuras especiales se realizó con relativa facilidad ya que se encontraban claramente indicadas en los planos y su ubicación en campo resultó sencilla ya que se encontraron claramente identificables.

El desasfaltado de tapas se realizó por medios manuales sin mayores complicaciones salvo las del tráfico intenso en zonas localizadas y representó poco menos del 5% del total de tapas existentes en la delegación, en este caso la recomendación es que exista una supervisión más estricta en los trabajos de repavimentación para evitar que se cubran.

La apertura de tapas selladas se realizó con el mismo personal que desasfaltó las tapas con el empleo de herramientas manuales de impacto como marros y barretas, fue necesario realizar esta actividad en el mismo número de tapas desasfaltadas.

En cuanto al desazolve o achique de cajas, tenemos que se realizó dicha actividad en aproximadamente un 20% del total de cajas existentes en la zona de estudio, por lo que se sugiere la implementación por parte del SACMEX de algún tipo de sello de neopreno en la unión tapa brocal para preservar las cajas y los elementos que contienen y con ello evitar sobrecostos por esta actividad para futuros Catastros.

La revisión y congruencia de la red se efectuó con las consideraciones habituales para este caso y consistieron en la confirmación de los siguientes casos: existencia de por lo menos una línea de agua en cada calle, existencia de diámetros mínimos de 5", la existencia de válvulas de seccionamiento de acuerdo a la norma, dimensiones de cajas de válvulas, equivalencia de áreas

---

---

hidráulicas en las “tes” o “cruces”; la red no presentó incongruencias significativas y las que surgieron se resolvieron oportunamente con el personal del SACMEX.

Finalmente, se efectuó la elaboración de planos y transferencia de datos al SIG del SACMEX, para ello, una vez que se contó con los archivos digitales en Word o Excel de la información levantada en campo de acuerdo a las especificaciones del SACMEX, se procedió a la carga masiva como parte de la transferencia al SIG del SACMEX, con lo cual concluyó el Catastro hidráulico y se encuentra listo para su uso y explotación necesarias por parte del Organismo Operador.

---

---

# ***Bibliografía***

---

---

---

## BIBLIOGRAFÍA

- Agua.org.mx. Centro virtual de información del agua [en línea].  
< <https://www.agua.org.mx/infografias/CuencaValleDeMexico/> >  
[Consulta: 18 julio 2016]
- Agrotecnología [en línea].  
< <http://afvalen2.blogspot.mx/> >  
[Consulta: 30 julio 2016]
- Alcocer Yamanaka, Víctor Hugo (2013). Diagnóstico y estrategias en redes de distribución de agua potable. Jornadas del agua UNAM. Ciudad de México, México, 27 al 29 de agosto de 2013. 58 diapositivas [en línea].  
< [http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/assets/resultados/01\\_estrategias/alcocer\\_victor.pdf](http://www.agua.unam.mx/jornadas2013/assets/resultados/01_estrategias/alcocer_victor.pdf) >  
[Consulta: 30 julio 2016]
- Álvarez Úbeda, Miguel (2008). Herramienta de análisis de redes en un sistema de información geográfica. Facultad de Informática, Universidad de Coruña. Proyecto fin de carrera. 51 diapositivas [en línea].  
< <http://slideplayer.es/slide/2328528/> >  
[Consulta: 30 julio 2016]
- Arias Valenzuela, Carlos Alejandro (2002). Los sistemas de información geográficos y la gestión en las empresas sanitarias, aplicación práctica en modelación de redes y en la gestión de lodos. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún, México, 27 al 31 de octubre de 2002. 8 p. [en línea].  
< <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/viii-005.pdf> >  
[Consulta: 30 julio 2016]
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (noviembre 2012). Modelo de marco institucional para la gestión de los recursos hídricos en el Valle de México. Ciudad de México, México, BID. 288 p. [en línea].  
< [http://www.agua.unam.mx/sacmex/assets/docs/IDBDOCS\\_GRH\\_ValleMexico.pdf](http://www.agua.unam.mx/sacmex/assets/docs/IDBDOCS_GRH_ValleMexico.pdf) >  
[Consulta: 30 julio 2016]

- 
- 
- Banco Mundial (BM). Agua en el Valle de México: ni eficiente, ni sustentable [en línea].  
< <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2013/03/19/inefficient-use-of-water-in-the-mexico-valley-a-danger-for-future-generations> >  
[Consulta: 18 julio 2016].
  - Bartolín Ayala, Hugo J. (2013). Confección de modelos de redes de distribución de agua desde un SIG y desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones. Tesis (Doctorado). Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia, España. 470 p. [en línea].  
< <https://riunet.upv.es/handle/10251/33152> >  
[Consulta: 30 julio 2016]
  - Big data. Quieren que río Magdalena sea declarado área natural protegida [en línea].  
< <http://elbigdata.mx/ambiente/quieren-que-rio-magdalena-sea-declarado-area-natural-protegida/> >  
[Consulta: 18 julio 2016].
  - Campel González Enrique. Propuesta para una metodología de sectorización de redes de abastecimiento de agua potable. Tesis (Maestría). Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia, España. 138 p. [en línea].  
< <https://riunet.upv.es/handle/10251/38947?show=full> >  
[Consulta: 30 julio 2016]
  - Cañada, Héctor (2015). Sistemas de información geográfica, modelos de simulación y análisis de datos: aplicaciones en la mejora de la eficiencia global del sistema de aguas de la Ciudad de México. [en línea].  
< <https://prezi.com/bvquicc8rozw/contexto/> >  
[Consulta: 30 julio 2016]
  - Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2003). Manual para el levantamiento de las redes hidráulicas en áreas urbanas. Subdirección general de infraestructura hidráulica urbana. Ciudad de México, México. CONAGUA, septiembre de 2003, 92 p.
  - Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2013). Estadísticas del agua en la Región Hidrológica Administrativa XIII: Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. Ciudad

- 
- 
- de México, México. CONAGUA. 203 p.
  - Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2014). Estadísticas del agua en México. Ciudad de México, México. CONAGUA. 239 p.
  - Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2016). Proyectos estratégicos: agua potable, drenaje, saneamiento. 96 diapositivas [en línea].  
< <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SeguimientoPNI.pdf> >  
[Consulta: 18 julio 2016]
  - Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) [en línea]  
< <http://www.gob.mx/conagua> >  
[Consulta: 29 agosto 2016]
  - Consejo de Cuenca Valle de México (CCVM) (2014). Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía. Ciudad de México, México. CONAGUA. 151 p. [en línea].  
< [http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/IMTA\\_CONAGUA%20cuenca%20Valle%20de%20M%C3%A9xico%20salida%20.pdf](http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/IMTA_CONAGUA%20cuenca%20Valle%20de%20M%C3%A9xico%20salida%20.pdf) >  
[Consulta: 30 julio 2016]
  - Consejo de Cuenca del Valle de México (CCVM) [en línea].  
< <http://cuencavalledemexico.com/> >  
[Consulta: 18 julio 2016].
  - Consultoría FEM, S.A. de C.V. [en línea].  
< <http://cfem.com.mx/> >  
[Consulta: 25 julio 2016]
  - Dirección Ejecutiva de Planeación y Evaluación de Proyectos y Programas (DEPEPP) (2013). Programa general de desarrollo delegacional de Gustavo A. Madero 2013 – 2015. Ciudad de México, México. DEPEPP, 2013. 104 p.
  - Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (ERSAPS) (2007). Procedimientos y buenas prácticas en Catastro de redes de agua potable y redes de alcantarillado. Tegucigalpa, Honduras. ERSAPS. 92 p. [en línea].  
< <http://www.ersaps.hn/documentos/interes/Manual%20Catastro%20redes.pdf> >  
[Consulta: 25 julio 2016]
  - Escolero Fuentes Oscar A., E. Martínez Sandra, Kralisch Stefanie, Perevochtchikova María

---

---

(2009). Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable en la Ciudad de México en el contexto de cambio climático. Instituto de Geología, UNAM. Ciudad de México, México. 165 p. [en línea].

< [http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/sis\\_admin/archivos/agua\\_escolero\\_\\_inffinal\\_org.pdf](http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/sis_admin/archivos/agua_escolero__inffinal_org.pdf) >

[Consulta: 25 julio 2016]

- Fondo para la Comunicación y Educación Ambiental, A.C. Guía para organismos operadores: agua potable, alcantarillado y saneamiento. Ciudad de México, México. Fondo para la Comunicación y Educación Ambiental, A.C. 80 p. [en línea].

< [file:///C:/Users/a-c/Downloads/GuiaParaOrganismosOperadores%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/a-c/Downloads/GuiaParaOrganismosOperadores%20(1).pdf) >

[Consulta: 25 julio 2016]

- Lagarda Lagarda, Ignacio (2007). Historia del Catastro en México. Sonora, México. 175 p. [en línea].

< <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbXkaXBsb21hZG9lbmNhdGFzdHJvfGd4OjUzNzlkZWUzOTEwZGU0ZDE> >

[Consulta: 25 julio 2016]

- Larios Contreras, Cesáreo, Bolaños, María de los Ángeles, Rea Azpeitia, Elías Alfonso (2006). El Catastro en México. Jalisco, México. Instituto para el desarrollo técnico de las haciendas públicas. Noviembre de 2006. 26 p. [en línea].

< <https://valuador.files.wordpress.com/2008/07/el-catastro-en-mexico.pdf> >

[Consulta: 25 julio 2016]

- La Jornada [en línea].

< <http://www.jornada.unam.mx/2015/02/27/capital/040n2cap> >

[Consulta: 29 julio 2016]

- Ley de Aguas de la Ciudad de México. Publicada en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México el 27 de mayo de 2003. Última reforma publicada en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México el 23 de marzo de 2015. Ciudad de México, México, 57 p.

- Ley de Aguas Nacionales. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992. Última reforma publicada Diario Oficial de la Federación 24-03-2016. Ciudad de México, México, 110 p.

- 
- 
- Martínez Solano, Francisco Javier (2002). Aplicación de los sistemas de información geográfica a la gestión técnica de redes de distribución de agua potable. Tesis (Doctorado). Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia, España. 350 p. [en línea].  
< <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=210547> >  
[Consulta: 29 julio 2016]
  - Martínez Villalba, Oscar Froylán (2003). Taller de recuperación de caudales a través de técnicas de sectorización de sistemas de distribución de agua potable con modelación (un enfoque energético). Alianza para el ahorro de energía. Oaxaca, México, 13 de noviembre de 2003. 75 diapositivas [en línea].  
< <http://www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Recuperacion%20de%20Caudales/Recuperacion%20de%20caudales%20a%20traves%20de%20sectorizacion.pdf> >  
[Consulta: 30 julio 2016]
  - Milenio [en línea].  
< [http://www.milenio.com/df/san\\_bartolo\\_ameyalco-obras\\_ameyalco-red\\_hidraulica\\_san\\_bartolo-agua\\_ameyalco\\_0\\_343765735.html](http://www.milenio.com/df/san_bartolo_ameyalco-obras_ameyalco-red_hidraulica_san_bartolo-agua_ameyalco_0_343765735.html) >  
[Consulta: 29 julio 2016].
  - Nolosig. Compartiendo información sobre geotecnologías [en línea].  
< <http://www.nosolosig.com/> >  
[Consulta: 26 julio 2016]
  - Ochoa, Leonel (2014). Modelación hidráulica y sectorización de redes de agua potable. XXVIII Convención Anual y Expo ANEAS. Yucatán, México, 10 al 14 de noviembre de 2014. 91 diapositivas [en línea].  
< [https://drive.google.com/file/d/0B2M-AW\\_kZoZseVdWcy0xUGp3Nmc/view](https://drive.google.com/file/d/0B2M-AW_kZoZseVdWcy0xUGp3Nmc/view) >  
[Consulta: 30 julio 2016]
  - Planeación, sistemas y control, S.A. de C.V. (PSC) (2013). Levantamiento topográfico para la actualización del catastro de la infraestructura hidráulica existente en el macrosector I, delegaciones Gustavo A. Madero y Azcapotzalco – Informe Final. Ciudad de México, México, 2013. 175 p.
  - Pumagua. Agua saludable, acción de todos [en línea].

- 
- 
- < [http://www.pumagua.unam.mx/sistema\\_informacion.html](http://www.pumagua.unam.mx/sistema_informacion.html) >  
[Consulta: 26 julio 2016]
- Real Academia Española [en línea].  
< <http://www.rae.es/> >  
[Consulta: 25 julio 2016]
  - Revista digital universitaria: Diagnóstico resumido de los problemas de abastecimiento de agua y de inundaciones en el Valle de México. UNAM, 01 de febrero 2011, Volumen 12, Número 2, ISSN: 1067-6079 [en línea].  
< <http://www.revista.unam.mx/vol.12/num2/art19/art19.pdf> >  
[Consulta: 18 julio 2016].
  - Robledo Cabello, Luis F. (2011). La sobreexplotación de los acuíferos y la planeación técnica y financiera de las obras hidráulicas del Valle de México. 26° Congreso Nacional de Ingeniería Civil del Colegio de Ingenieros Civiles (CICM). Ciudad de México, México, 16 al 18 de noviembre de 2011. 41 diapositivas [en línea].  
< [www.slideshare.net/CICMoficial/15-ing-luis-robledo-aguapresentacin-congreso](http://www.slideshare.net/CICMoficial/15-ing-luis-robledo-aguapresentacin-congreso) >  
[Consulta: 20 julio 2016].
  - Rodríguez Briceño, Emiliano (2013). Reflexiones sobre la sectorización. Seminario “Sectorización de Redes de Agua Potable”. Ciudad de México, México, 11 de julio de 2013. 14 diapositivas [en línea].  
< [http://www.conagua.gob.mx/Conagua07/Contenido/Documentos/Filosofia\\_Sectorizacion.pdf](http://www.conagua.gob.mx/Conagua07/Contenido/Documentos/Filosofia_Sectorizacion.pdf) >  
[Consulta: 18 julio 2016].
  - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2013). Atlas del agua en México 2013. Ciudad de México, México. SEMARNAT. 133 p.
  - Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) (2007). Plan Hidráulico delegacional 2007-2012 de Gustavo A. Madero. Ciudad de México, México. SACMEX. 164 p.
  - Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) (2010). Estudios de Diagnóstico y Planeación Integral e Integración del Cuarto de datos del macrosector I. Ciudad de México, México, SACMEX.
  - Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) (2012). El gran reto del agua en la

---

---

Ciudad de México: pasado, presente y perspectivas de solución para una de las ciudades más complejas del mundo. Ciudad de México, México. SACMEX. 192 p. [en línea].

< <http://www.agua.unam.mx/sacmex/documentos.html> >

[Consulta: 18 julio 2016].

- Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) (octubre 2012). Programa de gestión integral de los recursos hídricos, visión 20 años. Ciudad de México, México. SACMEX. 138 p. [en línea].

< [http://www.agua.unam.mx/sacmex/assets/docs/PGIRH\\_Final.pdf](http://www.agua.unam.mx/sacmex/assets/docs/PGIRH_Final.pdf) >

[Consulta: 18 julio 2016].

- Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) (diciembre 2012). Aviso por el cual se da a conocer el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, Visión 20 Años (PGIRH). Publicado en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México el 11 de diciembre de 2012. Ciudad de México, México. Gobierno de la Ciudad de México. 103 p.

- Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) (agosto 2013). Convocatoria y bases de licitación pública nacional No. LO-909004999-N162-2013: Levantamiento topográfico para la actualización del Catastro de la infraestructura hidráulica existente en el macrosector I, delegaciones Gustavo A. Madero y Azcapotzalco. Ciudad de México, México. SACMEX, 8 de agosto de 2013 [en línea].

< <https://compranet.funcionpublica.gob.mx/esop/toolkit/opportunity/opportunityDetail.do?opportunityId=286202&opplList=PAST> >

[Consulta: 3 septiembre 2016]

- SlideShare. Curso sistemas de información geográfica. 40 diapositivas. [en línea].

< <http://es.slideshare.net/ErnestoEspiga/que-es-sig-25175496> >

[Consulta: 30 julio 2016]

- Wikipedia. La enciclopedia libre [en línea].

< <https://www.wikipedia.org/> >

[Consulta: 18 julio 2016].

---

---

***Lista de figuras***  
***y***  
***cuadros***

---

---

---

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo I

<b>Figura I.1.</b>	Ubicación de la cuenca del Valle de México	3
<b>Figura I.2.</b>	Esquema de la cuenca del Valle de México	4
<b>Figura I.3.</b>	Antiguos lagos y sus afluentes en la cuenca del Valle de México	5
<b>Figura I.4.</b>	Geología del Valle de México	6
<b>Figura I.5.</b>	Tipos de suelos en el Valle de México	7
<b>Figura I.6.</b>	Caudal suministrado por el Sistema Lerma a la Ciudad de México (2006 – 2012)	18
<b>Figura I.7.</b>	Perfil del Sistema Cutzamala	18
<b>Figura I.8.</b>	Sistema de Pozos Plan de Acción Inmediata	19
<b>Figura I.9.</b>	Nuevas fuentes de agua potable para la Ciudad de México	21
<b>Figura I.10.</b>	Datos técnicos del Túnel Emisor Oriente (TEO)	24
<b>Figura I.11.</b>	Datos técnicos del Túnel Emisor Poniente II (TEP II)	25
<b>Figura I.12.</b>	Datos técnicos del Túnel Canal General	25
<b>Figura I.13.</b>	Ubicación del Túnel Río de la Compañía II	26
<b>Figura I.14.</b>	Ubicación de la PTAR Atotonilco	28
<b>Figura I.15.</b>	Cárcamo Dolores Sistema Lerma	30
<b>Figura I.16.</b>	Hundimientos por sobreexplotación de acuíferos	30
<b>Figura I.17.</b>	Sistema Cutzamala	31
<b>Figura I.18.</b>	Configuración general de un acuífero	32

### Capítulo II

<b>Figura II.1.</b>	Catastro urbano digitalizado con tecnología LIDAR	37
<b>Figura II.2.</b>	Catastro georeferenciado para fines múltiples	39
<b>Figura II.3.</b>	Capas temáticas del SIG PUMAGUA	42
<b>Figura II.4.</b>	Entidades que intervienen en los trabajos de Catastro	43
<b>Figura II.5.</b>	Actualización del Catastro de una red de distribución de agua potable	44
<b>Figura II.6.</b>	Diagrama de flujo del Catastro hidráulico	47
<b>Figura II.7.</b>	Subcuadro de 100 x 100 m para designación de nomenclaturas en pozos de visita	56
<b>Figura II.8.</b>	Pauta para establecer la clave numérica de pozos de visita	57
<b>Figura II.9.</b>	Pauta para establecer la clave numérica de las cajas de válvulas	58
<b>Figura II.10.</b>	Formato típico para el censo de elementos hidráulicos en los trabajos de campo	60

<b>Figura II.11.</b>	Diagramas de flujo para el Catastro de redes de alcantarillado	63
<b>Figura II.12.</b>	Diagramas de flujo para el Catastro de redes de agua potable	64
<b>Figura II.13.</b>	Diagramas de flujo para las tres principales actividades en el Catastro de redes hidráulicas	64
<b>Figura II.14.</b>	Origen de la sectorización de una red de agua potable	65
<b>Figura II.15.</b>	Proyecto de sectorización de agua potable en la Cd. de Durango	65
<b>Figura II.16.</b>	La sectorización... un paradigma	67
<b>Figura II.17.</b>	Procedimiento de sectorización	68
<b>Figura II.18.</b>	Análisis del balance de agua	68
<b>Figura II.19.</b>	Funcionamiento hidráulico de un sistema	69
<b>Figura II.20.</b>	Fuga ocasionada por una toma clandestina	70
<b>Figura II.21.</b>	Medición de presión en tuberías	71
<b>Figura II.22.</b>	Balance hídrico de un sistema	72
<b>Figura II.23.</b>	Red primaria de proyecto	73
<b>Figura II.24.</b>	Inconvenientes por las obras y modificaciones a la red para establecer sectores hidrométricos	74
<b>Figura II.25.</b>	Obras de rehabilitación de una red de agua potable	75
<b>Figura II.26.</b>	Medición de presión y gasto en tuberías	75
<b>Figura II.27.</b>	Prueba de aislamiento de sectores	76
<b>Figura II.28.</b>	División de la Ciudad de México en macrosectores	77
<b>Figura II.29.</b>	Representación de la realidad en un SIG mediante capas de información temática	80
<b>Figura II.30.</b>	Representación vectorial y raster de la información del mundo real en un SIG	82
<b>Figura II.31.</b>	Esquema de un SIG utilizado para la gestión de un abastecimiento de agua potable	85
<b>Figura II.32.</b>	Esquema del SIG utilizado por el SACMEX	90
<b>Figura II.33.</b>	Puntos de medición (SCADA)	92
<b>Figura II.34.</b>	Fotos aéreas y tubería macrosector V	92
<b>Figura II.35.</b>	Consulta de plantas potabilizadoras por delegación	93
<b>Figura II.36.</b>	Árbol temático de tubería de agua potable por macrosector III	93
<b>Capítulo III</b>		
<b>Figura III.1.</b>	Ubicación de la delegación GAM en la Ciudad de México	95
<b>Figura III.2.</b>	Sierra de Guadalupe	95
<b>Figura III.3.</b>	Zonas geohidrológicas en la Ciudad de México	98

---



---

<b>Figura III.4.</b>	Distribución relativa de viviendas habitadas en la delegación GAM, según número de ocupantes	104
<b>Figura III.5.</b>	Formato para el levantamiento de cajas, SIG SACMEX	117
<b>Figura III.6.</b>	Formato para el levantamiento de pozos, SIG SACMEX	118
<b>Figura III.7.</b>	Plano de referencia (sectorización en la delegación GAM)	120
<b>Figura III.8.</b>	Calendarización estipulada por el SACMEX para la realización del Catastro hidráulico del macrosector I	121
<b>Figura III.9.</b>	Recorridos preliminares en la delegación GAM	128
<b>Figura III.10.</b>	Proceso de nivelación de tapas en la delegación GAM	130
<b>Figura III.11.</b>	Formato de tapas niveladas, circuito 21, sector 15	131
<b>Figura III.12.</b>	Localización de banco de nivel (croquis y fotografías)	132
<b>Figura III.13.</b>	Datos históricos de banco de nivel y gráfica de evolución de elevaciones	133
<b>Figura III.14.</b>	Ubicación típica de las cajas de válvula	135
<b>Figura III.15.</b>	Cajas sin dificultad para ser inspeccionadas desde fuera, ejemplo de llenado de formato	136
<b>Figura III.16.</b>	Cajas con dificultad para ser inspeccionadas desde fuera	137
<b>Figura III.17.</b>	Caja de válvulas con varias tapas	138
<b>Figura III.18.</b>	Referenciación de cajas	139
<b>Figura III.19.</b>	Georeferenciación de cajas con GPS en la delegación GAM	141
<b>Figura III.20.</b>	Formato resumen de georeferenciación de cajas con GPS en la delegación GAM	143
<b>Figura III.21.</b>	Localización de cajas con apoyo de detector de metales	144
<b>Figura III.22.</b>	Llenado de formato de caja detectada	145
<b>Figura III.23.</b>	Formato para identificación de plantas de bombeo	147
<b>Figura III.24.</b>	Formato para identificación de tanque de almacenamiento de agua potable	148
<b>Figura III.25.</b>	Formato para identificación de pozos	149
<b>Figura III.26.</b>	Formato para identificación de estaciones de medición	150
<b>Figura III.27.</b>	Tapa de caja de válvula que requiere desasfaltado	151
<b>Figura III.28.</b>	Proceso de desasfaltado de una caja de válvulas	152
<b>Figura III.29.</b>	Formato de entrega del proceso de desasfaltado de una caja de válvulas	153
<b>Figura III.30.</b>	Tapa de caja de válvulas que requiere de apertura	154
<b>Figura III.31.</b>	Proceso de apertura de una caja de válvulas	154
<b>Figura III.32.</b>	Formato de entrega del proceso de apertura de una caja de válvulas	155
<b>Figura III.33.</b>	Caja de válvulas que requiere de un proceso de achique o desazolve	156
<b>Figura III.34.</b>	Proceso de desazolve de una caja de válvulas	157

---

---

---

<b>Figura III.35.</b>	Formato de entrega del proceso de desazolve de una caja de válvulas	158
<b>Figura III.36.</b>	Proceso de achique de una caja de válvulas	158
<b>Figura III.37.</b>	Formato de entrega del proceso de achique de una caja de válvulas	159
<b>Figura III.38.</b>	Análisis de congruencia de agua potable de líneas existentes	162
<b>Figura III.39.</b>	Análisis de congruencia de agua potable con conexión a rebombes	162
<b>Figura III.40.</b>	Análisis de congruencia de agua potable con conexiones a tanques y rebombes	163
<b>Figura III.41.</b>	Nomenclatura del mosaico de planos de infraestructura hidráulica	165
<b>Figura III.42.</b>	Componentes de la clave única de infraestructura hidráulica	166
<b>Figura III.43.</b>	Página de consulta del SIG del SACMEX	167
<b>Figura III.44.</b>	Página de registro de estructuras del SIG del SACMEX	168

---

---

## LISTA DE CUADROS

### Capítulo I

<b>Cuadro I.1.</b>	Características socioeconómicas del Valle de México	10
<b>Cuadro I.2.</b>	Resumen de la infraestructura de drenaje en operación en la Ciudad de México	23
<b>Cuadro I.3.</b>	Sistema de drenaje profundo de la Ciudad de México	23
<b>Cuadro I.4.</b>	Capacidad de tratamiento de la Ciudad de México por planta de tratamiento de aguas residuales	27

### Capítulo II

<b>Cuadro II.1.</b>	Actividades de campo para la elaboración del Catastro hidráulico	55
<b>Cuadro II.2.</b>	División de las delegaciones de la Ciudad de México en macrosectores	78
<b>Cuadro II.3.</b>	Comparación de los modelos raster y vectorial de un SIG	83

### Capítulo III

<b>Cuadro III.1.</b>	Parámetros climáticos promedio en la delegación GAM (1951 – 2010)	99
<b>Cuadro III.2.</b>	Relación de pueblos, barrios, fraccionamientos y unidades habitacionales en la delegación GAM	100
<b>Cuadro III.3.</b>	Relación de colonias en la delegación GAM	101
<b>Cuadro III.4.</b>	Distribución absoluta y relativa de las viviendas en la delegación GAM	103
<b>Cuadro III.5.</b>	Resumen de infraestructura de agua potable en la delegación GAM	105
<b>Cuadro III.6.</b>	Pozos operados por el SACMEX en la delegación GAM	106
<b>Cuadro III.7.</b>	Principales tanques de almacenamiento y regulación en la delegación GAM	106
<b>Cuadro III.8.</b>	Plantas principales de bombeo y rebombeo en la delegación GAM	106
<b>Cuadro III.9.</b>	Relación de garzas en la delegación GAM	107
<b>Cuadro III.10.</b>	Estaciones medidoras de presión en la delegación GAM	108
<b>Cuadro III.11.</b>	Resumen de infraestructura de drenaje en la delegación GAM	108
<b>Cuadro III.12.</b>	Relación de cauces a cielo abierto en la delegación GAM	109
<b>Cuadro III.13.</b>	Principales plantas de bombeo y rebombeo de aguas residuales en la delegación GAM	110
<b>Cuadro III.14.</b>	Sistema de drenaje profundo en la delegación GAM	110
<b>Cuadro III.15.</b>	PTAR en la delegación GAM	111
<b>Cuadro III.16.</b>	Colonias con servicio de agua potable intermitente en la delegación GAM	112
<b>Cuadro III.17.</b>	Infraestructura actual de servicios hidráulicos en la delegación GAM	126
<b>Cuadro III.18.</b>	Resumen de cajas niveladas en la delegación GAM	134

---

---

<b>Cuadro III.19.</b>	Resumen de cajas inspeccionadas en la delegación GAM	140
<b>Cuadro III.20.</b>	Identificador de tipo de estructura	166