



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ALTERNATIVA DE REUSO DE LAS AGUAS GRISES Y  
APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS PLUVIALES, EN EL HOTEL  
DE LA TERMINAL 2 DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL BENITO JUÁREZ**

**T E S I S**

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

**PRESENTAN:  
SANDINO CARRO TOLEDO  
RICARDO RAFAEL RODRÍGUEZ CALVO**

**ASESOR DE TESIS:  
ING. OSCAR E. MARTINEZ JURADO**



**MÉXICO, D.F.**

**2009**



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.



**ALTERNATIVA DE REUSO DE LAS AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS PLUVIALES  
EN EL HOTEL DE LA TERMINAL 2 DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL BENITO JUÁREZ.**

**ÍNDICE**

	Pág.
<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
1.1. DISPONIBILIDAD DEL AGUA EN EL PAÍS Y EN EL D.F.	2
1.2. PROBLEMÁTICA DE LA DISPOSICIÓN DEL AGUA EN EL D.F.	8
1.3. POLÍTICA DEL MANEJO DEL AGUA.	13
1.4. ANTECEDENTES DE REUSO EN EL D.F.	17
<b>2. NORMATIVIDAD APLICABLE</b>	<b>21</b>
2.1. ÁMBITO FEDERAL	22
2.2. ÁMBITO LOCAL.	34
<b>3. ESTUDIO DE CASO EDIFICIO DEL HOTEL DE LA TERMINAL 2 DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL BENITO JUÁREZ</b>	<b>46</b>
3.1. OBJETIVO	47
3.2. ANTECEDENTES	48
3.3. DATOS DEL PROYECTO	50
3.4. DRENAJE SANITARIO AGUAS GRISES Y AGUAS NEGRAS	54
3.5. INSTALACIÓN PLUVIAL	57
<b>4. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO</b>	<b>64</b>
4.1. FACTIBILIDAD TÉCNICA	65
4.2. FACTIBILIDAD SOCIAL	69
4.3. FACTIBILIDAD ECONÓMICA	75
5	
<b>5. RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO</b>	<b>78</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>95</b>
<b>APÉNDICE</b>	<b>98</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>120</b>

INTEGRANTES:

CARRO TOLEDO SANDINO 09022710-5  
RODRIGUEZ CALVO RICARDO RAFAEL 7425543-8



## 1.- GENERALIDADES

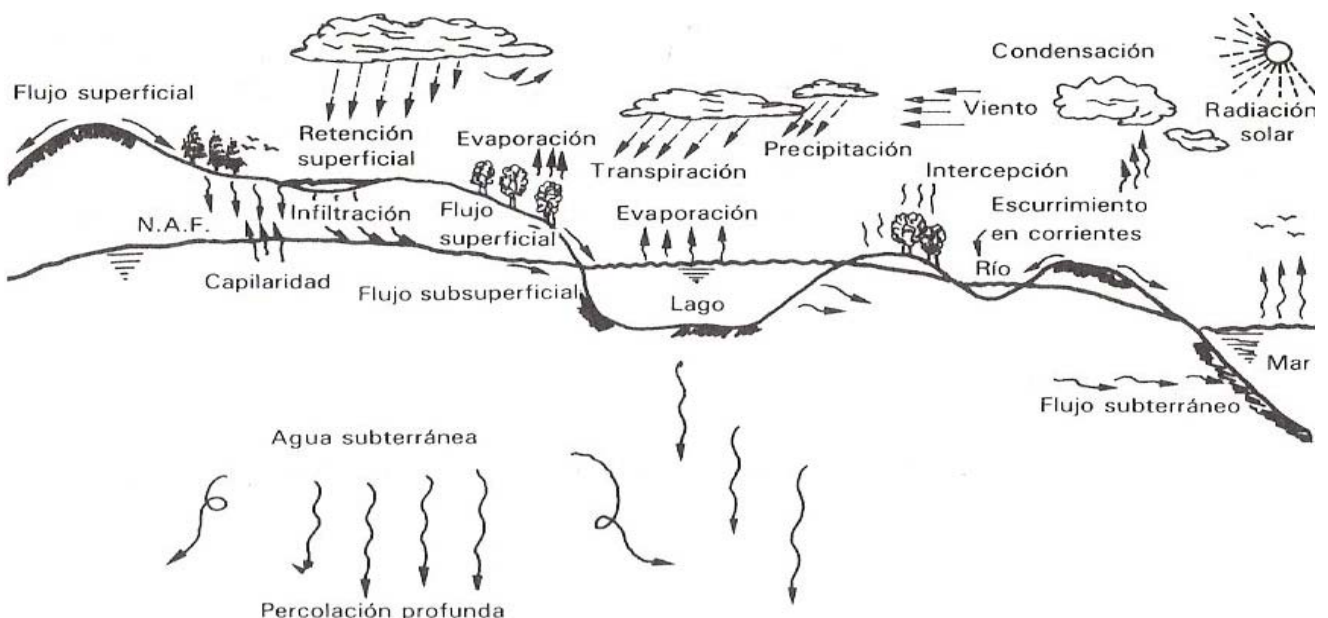
Este capítulo presenta los aspectos más importantes que guardan los recursos hídricos de este país. A través de este panorama podremos conocer las particularidades del agua en México enfocados a la necesidad del reuso de este elemento en el Distrito Federal.

### 1.1 DISPONIBILIDAD DEL AGUA EN EL PAÍS Y EN EL D.F.

El agua es un recurso vital y soporte del desarrollo económico y social para cualquier país en el mundo, fundamentalmente para los ecosistemas y requisito para la sustentabilidad del medio ambiente y su biodiversidad. La distribución natural del agua en el ámbito mundial y regional es desigual: mientras en algunas regiones es abundante, en otras es escasa o inexistente.

La disponibilidad del líquido depende de la dinámica del ciclo hidrológico, en el cual los procesos de evaporación, precipitación, transpiración y escurrimientos están en función del clima, las características del suelo y su vegetación y de la ubicación geográfica como se muestra en la figura 1.

Figura 1. El ciclo hidrológico





El hombre ha alterado dicho ciclo para satisfacer diversas necesidades, principalmente para uso agrícola, industrial y doméstico. En México, las actividades agropecuarias consumen aproximadamente el 76% del agua dulce.

De acuerdo con el consejo mundial del agua (World Water Council), para el siglo XXI se identifican seis grandes retos relacionados con el agua: la escasez, la falta de acceso, el deterioro de su calidad, la toma de conciencia de los tomadores de decisiones y el público, la disminución en la asignación de recursos financieros y la fragmentación de su manejo.

La concentración de la población y la actividad económica han creado zonas de alta escasez, no sólo en regiones de baja precipitación pluvial, sino también en zonas donde eso no se percibía como un problema al comenzar el crecimiento urbano o el establecimiento de la agricultura de riego.

En las últimas décadas, el agua se ha convertido en un recurso estratégico para el desarrollo económico y la supervivencia de los países, debido a la escasez de la misma para consumo humano y a la pérdida de calidad original.

Según expertos de Naciones Unidas, dos de cada 10 personas en el mundo –más de mil millones de personas- carecen de fuentes de agua potable, lo que ocasiona que por día mueran 3,900 niños por este problema, mientras que más de 2.6 mil millones no cuentan con saneamiento básico.

En México el desperdicio, la falta de pago por el servicio, la contaminación del recurso, su inadecuada utilización y deficiente administración, además de la presión poblacional, han dado lugar a que el país se ubique como una nación con disponibilidad de agua promedio baja, encontrándose en el lugar 81 a nivel mundial.

El agua ha sido catalogada por la ONU como un recurso finito, cuyo acceso seguro es considerado como uno de los derechos humanos fundamentales y una de las metas del milenio donde se busca reducir para el año 2015 el porcentaje de personas que no tienen



agua, proclamándose el decenio internacional para la acción: “el agua fuente de vida”, por ser este un recurso indispensable para mitigar la pobreza.

El cuidado y control de los recursos naturales básicos, se convertirá en los próximos años en un tema de reflexión recurrente pero, seguramente también en una fuente de discordia y conflicto. De hecho hoy por hoy existen indicadores importantes sobre el riesgo de padecer guerras por el agua.

Cobraré una importancia mayúscula el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano y el derecho a contar con servicios públicos básicos como lo dispuesto en el protocolo adicional convención americana sobre derechos humanos en materia de derechos económicos, sociales y culturales. No hay que olvidar que los derechos humanos de tercera generación reconocen el derecho a un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Hace 50 años el país tenía una disponibilidad de agua considerada alta: 11 mil 500 m<sup>3</sup> por habitante por año. Hoy tiene una disponibilidad baja: 4 mil 900 m<sup>3</sup> por habitante por año, menos de la mitad, hay en el país enormes disparidades en la distribución del líquido.

El centro, norte y noreste del país concentran el 77% de la población, pero captan el 32% del escurrimiento que hay en México. En cambio el sureste contiene el 23% de la población y capta el 68% del escurrimiento nacional.

En el 2004, en México existía una disponibilidad natural promedio de 474 mil 637 hectómetros cúbicos (hm<sup>3</sup>) de agua al año, ubicándolo como uno de los países con disponibilidad baja, resultando esto crítico en años de precipitación escasa.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) tiene definidas en el país 37 regiones hidrológicas, administradas por medio de 13 regiones. La región con mayor disponibilidad de agua es Frontera Sur, con una disponibilidad de 158 mil 260 hm<sup>3</sup> y una extracción de 1 mil 999 hm<sup>3</sup>.



En el año 2004, la extracción bruta de agua ascendió a 75 mil 430 hm<sup>3</sup>, de la cual 64% fue de origen superficial y 36% de origen subterráneo. De la extracción total de agua más de tres cuartas partes se destinaron al uso agropecuario y el resto para uso público y la industria autoabastecida. Entre las fuentes de agua superficial se encuentran 39 ríos principales, por los que escurre aproximadamente el 87% del agua, como se muestra en la tabla 1 destacando el río Grijalva-Usumacinta con un escurrimiento medio de 115 mil 536 hm<sup>3</sup>, con un área de cuenca de 83 mil 126 km<sup>2</sup> y una longitud de 1 mil 521 km. Entre los siete lagos importantes, se encuentra el de Chapala, con un área de cuenca de 1 mil 116 km<sup>2</sup> y una capacidad de almacenamiento de 8 mil 126 hm<sup>3</sup>.

Los cuerpos de agua subterránea o acuíferos definidos en el territorio nacional ascienden a 653, alrededor de 104 están sometidos a sobreexplotación; estos suministran más del 60% del agua subterránea destinada para todos los usos. Entre los problemas que trae consigo la sobreexplotación y la sobrepoblación están la disminución de la reserva de agua subterránea en un ritmo cercano a 6 km<sup>3</sup> por año y la intrusión salina en 17 acuíferos.

La infraestructura hidráulica en el país está constituida por más de 4 mil presas; 667 consideradas como grandes embalses, destacando la Dr. Belisario Domínguez (La Angostura) ubicada en Chiapas, con un volumen máximo de almacenamiento de 19 mil 736 hm<sup>3</sup>, seguido por la presa Netzahualcóyotl de 14,056 hm<sup>3</sup> e Infiernillo de 12 mil 164 hm<sup>3</sup>, localizadas en Chiapas las dos primeras y en Guerrero la presa Netzahualcóyotl (Malpaso), destinadas principalmente a la generación de energía eléctrica como se muestra en la tabla 2.1.8. Que se encuentra en el anexo.

Respecto a la calidad en la disponibilidad de agua en las viviendas, de acuerdo con el XII censo general de población y vivienda 2000, el 65.1% contaba con agua dentro de la vivienda; 29.9% fuera de la vivienda pero dentro del terreno; 3% accede a agua de la llave pública y sólo 2% acarrea agua de otra vivienda. En total la disponibilidad abarcaba al 88.8% de las viviendas.



Tabla 1

<b>Extracción de agua dulce por fuente, uso y región administrativa, 2004</b>	<b>valor</b>
Extracción bruta de agua dulce, 2004 (hm <sup>3</sup> )	75,430
Superficial	48,235
Subterránea	27,195
Extracción bruta de agua dulce, según tipo de uso, 2004 (hm <sup>3</sup> )	
Agropecuario	57,462
Abastecimiento público	10,670
Industria autoabastecida	7,298
Extracciones de agua dulce por región administrativa 2004 (hm <sup>3</sup> )	
I Península de Baja California	3,807
II Noroeste	6,419
III Pacífico Norte	10,491
IV Balsas	10,417
V Pacífico Sur	1,264
VI Río Bravo	8,539
VII Cuencas centrales del norte	3,745
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	13,210
IX Golfo Norte	4,503
X Golfo Centro	4,622
XI Frontera Sur	1,999
XII Península de Yucatán	1,708
XIII Valle de México	4,706

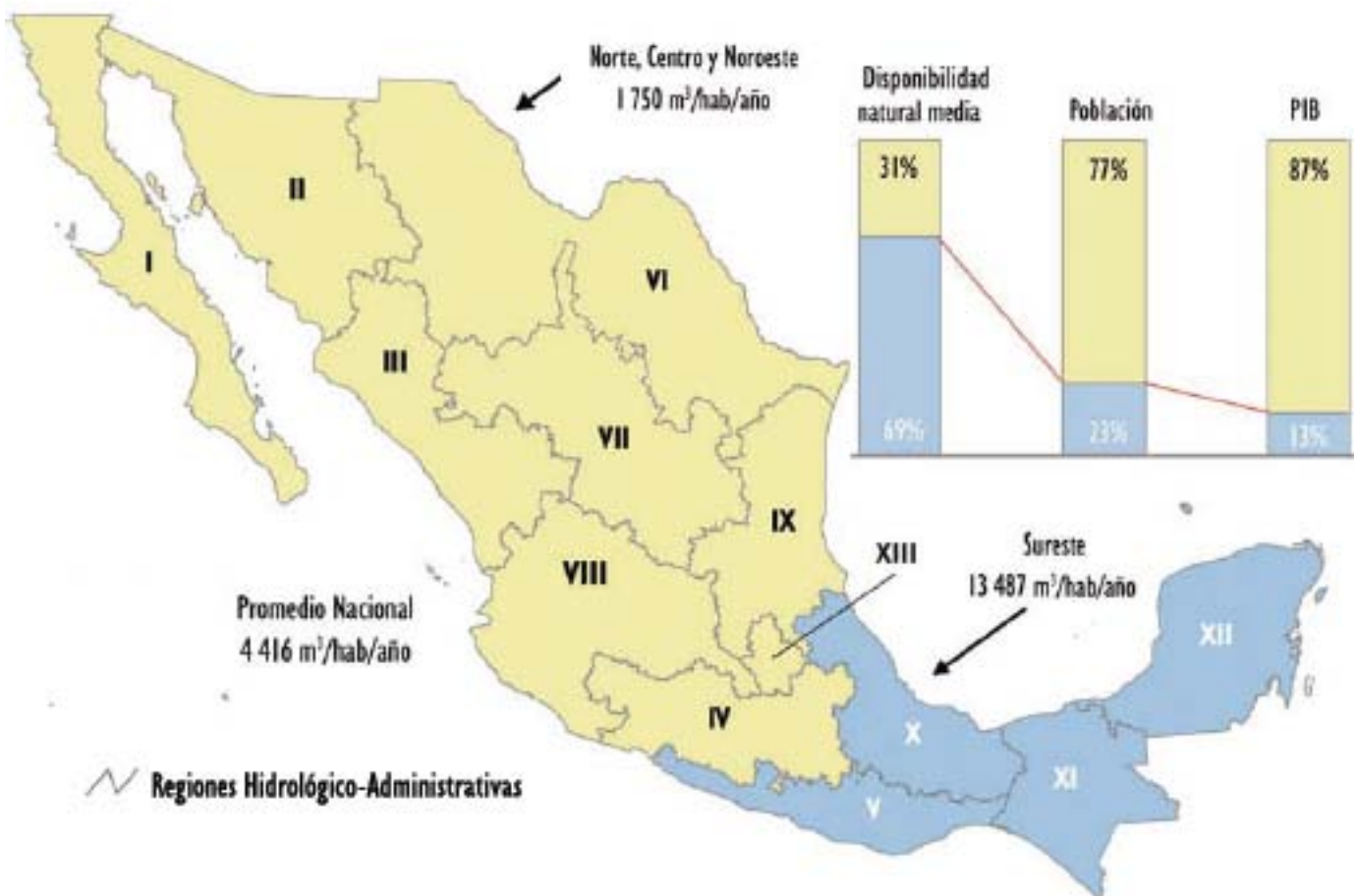
El país se puede dividir en dos grandes zonas: la zona norte, centro y noroeste, donde se concentra el 77% de la población, se genera el 87% del PIB, pero únicamente ocurre el 31% del agua renovable; y la zona sur y sureste, donde habita el 23% de la población, se





genera el 13% del PIB y ocurre el 69% del agua renovable. La figura 2 ilustra la disparidad entre esas dos zonas en cuanto a su disponibilidad y su actividad económica.

Figura 2. Contraste regional entre el desarrollo y la disponibilidad del agua



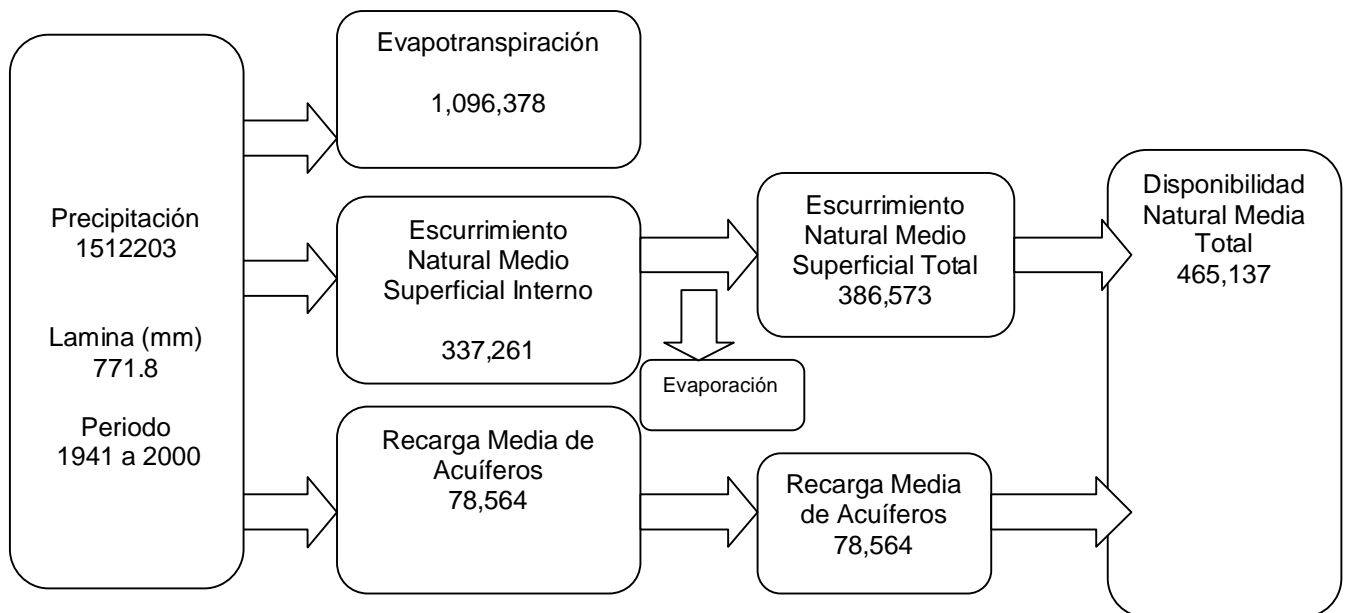
FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de CONAGUA. Subdirección General Técnica.  
INEGI, Censos Económicos 2004, México, 2005.  
CONAPO índices de marginación 2005, México, 2006

Anualmente México recibe del orden de 1.51 billones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación; de esta, el 72.5% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 25.6% escurre por los ríos o arroyos y el 1.9% restante se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos, de tal forma que anualmente el país cuenta con 465 mil millones de metros



cúbicos de agua dulce renovable, a lo que se denomina disponibilidad natural media. La figura 3 muestra los componentes y valores de dicha disponibilidad.

Figura 3. Valores medios anuales de los componentes del ciclo hidrológico en México (millones de metros cúbicos, hm<sup>3</sup>)



Nota: Importaciones de otros países, 49,744, exportaciones a otros países, 432  
Fuente: CONAGUA, Subdirección General teórica

En adición al agua dulce que es renovada por la lluvia, el país cuenta con reservas de agua almacenadas principalmente en los acuíferos, pero también en los lagos naturales y artificiales del territorio nacional; sin embargo, esta agua no se considera en los cálculos de disponibilidad natural media, ya que no es renovable.

## 1.2 PROBLEMÁTICA DE LA DISPOSICIÓN DEL AGUA EN EL D.F.

En el 2004, la disponibilidad natural de agua por habitante en el país fue de 4 mil 505 m<sup>3</sup> anuales. La menor disponibilidad per cápita (188 m<sup>3</sup>/hab) se registro en la región del Valle de México, donde se ubica la aglomeración poblacional más importante del país, la zona metropolitana de la Ciudad de México, en contraste con Chiapas, donde la disponibilidad natural per cápita fue de 24 mil 549 m<sup>3</sup> al año.



En la Ciudad de México existe una elevada demanda del agua, con deficiente infraestructura para su gestión ambientalmente orientada y con una sobre explotación del propio acuífero y cuencas aledañas.

De acuerdo con la ponencia presentada por el presidente de la Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal (CDHDF), en marzo del año 2006, dentro del marco del foro mundial del agua, el problema del agua en la capital del país tiene tres dimensiones:

1. La zona conurbada de la Ciudad de México consume alrededor de  $63 \text{ m}^3/\text{s}$  de agua, los cuales son distribuidos de manera desigual entre las diferentes delegaciones políticas, de tal forma que mientras en algunas abunda y se desperdicia, en otras escasea.
2. Este abasto proviene en un 70% del acuífero de la propia ciudad, y un 30% de cuencas del Estado de México, la del Lerma y la del Cutzamala.
3. De esos  $63 \text{ m}^3/\text{s}$  de agua que abastecen la ciudad, alrededor de 30%, es decir una cantidad equivalente a la que se traslada de las cuencas externas a la Ciudad de México, se desperdicia en fugas.

En México el crecimiento económico no ha tomado en cuenta plenamente las señales de escasez del agua. La concentración de la población y la actividad económica han creado zonas de alta escasez, no sólo en las regiones de baja precipitación pluvial sino también en zonas donde eso no se percibía como un problema al comenzar el crecimiento urbano o el establecimiento de agricultura de riego. Tan sólo para ilustrar la situación extrema en la que se encuentra el agua subterránea, podemos mencionar que, según cálculos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 101 acuíferos de un total de 600 están sobreexplotados.



El crecimiento poblacional y económico han ejercido mayor presión sobre las reservas de agua en México, al punto que el volumen demandado es mayor que el suministrado en algunas regiones del país, lo que obliga al gobierno a decidir a quién dejar sin este recurso, lo que ocasiona problemas distributivos. La competencia por este recurso es ya causa de conflictos de diferente intensidad y escala, y se presenta no sólo entre usuarios de la misma comunidad sino entre distintas comunidades, municipios, estados e incluso en el ámbito transfronterizo.

En este contexto, hay por lo menos cuatro razones por las que el conocimiento y análisis de los conflictos relacionados con agua pueden ser un factor de decisión crítico para la política ambiental en México:

1. Los problemas de escasez de agua en México se han agravado en las últimas décadas, lo que genera mayor tensión en la competencia por el recurso, no sólo al interior, sino con otros países. En un intento por regular el uso del agua y de evitar los conflictos, el marco institucional ha ido cambiando, sin conseguir del todo una reforma acorde con el nivel del problema. El diseño de mecanismos de prevención y, en su caso, de mediación y resolución de conflictos, requieren de conocer a fondo la manera en la que surgen y se desarrollan.
2. Algunos conflictos emergen como movimientos de rechazo contra una decisión pública, cualquier propuesta de política que tenga elementos típicamente impopulares (reducción de subsidios, creación de tarifas) tendrá mayor posibilidad de éxito si posee un análisis de factibilidad política que permita prever el grado de resistencia que podría encontrar la medida; el objetivo no es renunciar a instrumentar las políticas, sino anticipar la respuesta y diseñar los mecanismos de negociación pertinentes.
3. El conflicto está asociado a un conjunto de causas que varían por región geográfica o por sector, en alguna zona el determinante de un movimiento puede ser un mal manejo administrativo en combinación con la movilización de grupos sociales organizados, mientras que en otra la sequía recurrente es el punto de interés. Así, es de utilidad



sistematizar los conflictos mediante una tipología que clasifique las variables relevantes para cada sector (urbano o rural) y región (dividida por estados o por cuencas), la sistematización de los conflictos existentes y de las variables asociadas a cada caso, constituye una agenda de política pública preliminar y un primer diagnóstico del conflicto.

Cada uno de los puntos mencionados requiere de cierto tipo de información y de un método de interpretación pertinente; el segundo punto, por ejemplo, necesita un análisis detallado de los actores que intervienen en cada caso, sus formas de interacción, sus recursos y formas de organización, entre otras variables, mientras que el punto referente a la creación de una agenda de política exige datos sobre el tipo de escasez de agua (falta de agua potable, agua de riego o de infraestructura, por ejemplo) de cada situación conflictiva.

Con la intención de hacer una primera aproximación a la problemática aquí mencionada, presentamos los primeros resultados arrojados de una investigación sobre conflictos relacionados con el agua, que fue realizada con base en una sistematización de las notas existentes en prensa de circulación nacional desde 1990 al 2002. Por el tipo de fuente empleada, resulta variable la capacidad de la investigación para responder a cada requerimiento sobre la dinámica de los conflictos. En los apartados siguientes puntualizaremos las aportaciones de la investigación en los tres rubros que consideramos más pueden beneficiarse de este tipo de análisis:

a) La construcción de un modelo de conflictividad por agua en México; b) un mapa de actores con su análisis correspondiente y c) una tipología del conflicto en México a partir de la cual se pueda elaborar una agenda de política pública que identifique no sólo los problemas públicos más urgentes y las zonas que muestran focos rojos, sino también el grupo de variables (sociales y biofísicas) asociadas a cada tipo de conflicto.

La metodología que utilizaron para construir la base de datos empleada para esta investigación fue la siguiente.



- Se seleccionaron las notas referentes a temas de agua que aparecieron entre 1990 y 2002 en los siguientes periódicos de circulación nacional: Excelsior, Universal, La Jornada, Reforma, El Sol de México, El Financiero, Milenio, Uno Más Uno y El Herald. Se encontraron aproximadamente 5,000 notas.
- Se elaboró una ficha para recuperar las variables de interés entre las que destacan las siguientes: variables de lugar, variables políticas, variables de escasez, variables de conflicto, entre otras.
- Esta ficha sirvió para revisar y depurar cada una de las notas de la prensa obteniendo aproximadamente 3,800 fichas. La información capturada en este proceso constituye la base de datos de conflictos de agua.

Esto es, más que un desarrollo conceptual del término, se identificaron las acciones que denotan tensiones de interés entre dos o más actores (individuales o colectivos): quejas de usuarios, demandas o peticiones ante las autoridades competentes, manifestaciones públicas no violentas y manifestaciones violentas (bloqueos, toma de instalaciones, destrucción de infraestructura o ataques físicos entre comunidades o entre autoridades y usuarios). Cada una de estas acciones es identificada como señal de conflicto, si bien las primeras son institucionales y las siguientes emplean otros recursos de negociación y representan un mayor grado de conflictividad. Este gradiente permitirá situar los conflictos en México según su nivel de intensidad.

A partir de la base de datos de temas de agua, se seleccionaron las relativas a algún tipo de conflicto. Para fines prácticos los estados del país se agruparon por regiones. El mayor número de las notas de conflicto se presentaron en el Distrito Federal y en el Estado de México, siguiéndole la región del norte del país y la región sur.

La investigación recoge algunas de las variables señaladas, tanto de la base ya mencionada de notas de prensa como de datos provenientes de otras fuentes (en su



mayoría de la CONAGUA). Como un paso previo a la elaboración de un modelo que indique los factores que determinan la existencia de determinado grado de conflictividad, se han examinado algunas relaciones relevantes, por ejemplo, aquella entre conflictos y explotación de agua subterránea.

Cabe aclarar que, al ser usada la prensa para identificar la existencia de conflictos, se puede decir que se tiene una mediana resolución, pues los conflictos poco notorios no son registrados por los periodistas. No obstante, al captar los casos más sobresalientes, se tiene una base para proyectar qué zonas podrían seguir una trayectoria semejante y, por lo tanto, qué regiones son proclives a ser zona de conflicto.

### **1.3 POLÍTICA DE MANEJO DEL AGUA**

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), órgano administrativo, normativo, técnico, consultivo y desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) tiene como misión “administrar y preservar las aguas nacionales y sus bienes inherentes para lograr su uso sustentable, con la corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno y la sociedad en general”.

Para llevar a cabo las funciones que le han sido asignadas, la CONAGUA trabaja en conjunto con diversas instancias en el ámbito federal, estatal y municipal, así como con asociaciones de usuarios y empresas e instituciones del sector privado y social. En la tabla 2 se indican las principales instituciones con las que se tiene coordinación.



Tabla 2. Instituciones y organismos con los que se coordina la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

INSTITUCIÓN	EJEMPLO DE COORDINACIÓN QUE SE EFECTÚA
Secretaría de Hacienda y Crédito Público	Definir el presupuesto anual que es asignado a la Institución y la forma en que se ejercerá a lo largo del año.
H. Congreso de la Unión	Concertar políticas y presupuesto requeridos en materia hidráulica, coordinar proyectos hidráulicos de interés nacional, así como modificaciones a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.
Estados y Municipios	Programas y acciones para restaurar las cuencas del país, apoyar el suministro de los servicios de agua potable y saneamiento a la población, impulsar el uso eficiente del agua en las actividades productivas, como el riego y la industria, y acciones para la atención de eventos meteorológicos.
Secretaría de Salud	Apoyar en forma conjunta a los municipios para que las comunidades rurales cuenten con sistemas formales de agua y saneamiento.
Secretaría de Educación Pública	Acciones dirigidas a la población escolar para promover el uso eficiente del agua y su preservación.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	Acciones para lograr un uso más eficiente del agua en la agricultura.
Secretaría de Gobernación	Acciones para la atención de sequías e inundaciones.
Comisión Federal de Electricidad	Coordinar la operación de las presas que, además de emplearse para la generación de energía eléctrica, se usan para otros fines, como el abastecimiento a las ciudades, el riego o la protección contra inundaciones.
Secretaría de Relaciones Exteriores	Manejo del agua en las fronteras del país, cumplimiento de tratados internacionales de agua y acciones de cooperación con otros países.
Secretaría de Turismo	Acciones para la protección de la calidad del agua en las zonas de recreación.
Secretaría de Economía	Registro de trámites y servicios, y desarrollo y publicación de normas oficiales para el sector hidráulico.
Comisión Nacional Forestal	Cuidado del suelo y bosque para preservar los ríos, lagos, lagunas y acuíferos.
Procuraduría Federal de Protección al Ambiente	Acciones para vigilar la calidad del agua de los ríos y lagos del país.
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Acciones de investigación y desarrollo tecnológico.
Secretaría de la Función Pública	Acciones para impulsar la agenda de buen gobierno.
Consejos de Cuenca y Comités Técnicos de Aguas Subterráneas	Concertación de programas y realización de acciones para lograr el uso sustentable del agua.
Consejo Consultivo del Agua	Estrategias para el mejor uso y preservación del agua.
Colegios de profesionales, institutos, asociaciones, cámaras industriales y de comercio	Acciones para el uso eficiente y pago del agua y para el cumplimiento de las normas en materia de agua.

**Fuente:** CONAGUA, curso agua, México 2007





## **CUOTAS POR EXPLOTACIÓN, USO O APROVECHAMIENTO DE AGUAS NACIONALES**

Para el cobro de los derechos por explotación, uso o aprovechamiento de agua, la República Mexicana se encuentra dividida en nueve zonas de disponibilidad. La lista de municipios que pertenecen a cada zona de disponibilidad se encuentra en el artículo 231 de la Ley Federal de Derechos 2005 (LFD). En general el costo por metro cúbico es mayor en las zonas de menor disponibilidad.

De acuerdo con la investigación desarrollada por la maestra Mariana Becerra Pérez, el maestro Jaime Sainz Santamaría y el Dr. Carlos Muñoz Piña, funcionarios del Instituto Nacional de Ecología, la escasez (natural o creada) del recurso, requiere decisiones difíciles sobre la distribución del agua entre diferentes tipos de usuarios, con demandas que crecen a diferentes ritmos. Los mecanismos de mercado, precios y tarifas, a pesar de ser los medios naturales para incorporar la escasez del recurso en las decisiones de los usuarios, han sido utilizados de manera limitada por las agencias gubernamentales para regular la demanda. En cambio, se han preferido estrategias que realizan grandes inversiones para ampliar la oferta (todavía con costos ambientales altos) y cuando aún persiste la escasez crónica aguda, utiliza algún mecanismo de racionamiento.

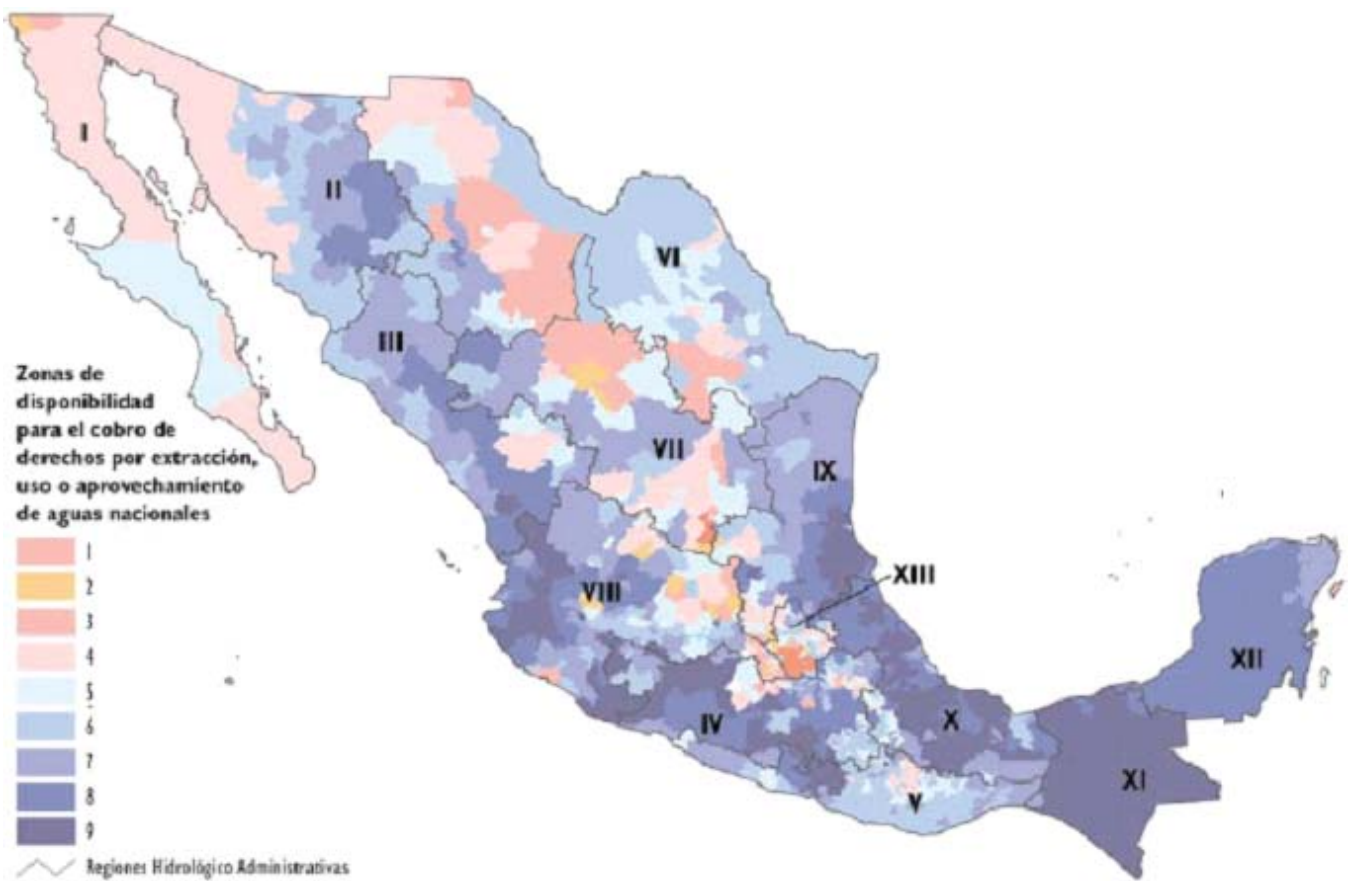
Por otra parte, cuando los derechos de propiedad sobre el recurso o su uso no están bien definidos, el conflicto es uno de los mecanismos que los grupos de interés utilizan para definirlos a su favor. Si bien el derecho mexicano permite la propiedad del recurso en términos de su uso y manejo, ha sido más restrictivo en cuanto a su libre transferencia como se muestra en la figura 4.

Es importante mencionar que una parte fundamental para resolver la escasez del recurso está ligada a la instrumentación de políticas en el uso, manejo y costo del agua de modo que no se utilice de manera indiscriminada, sino que cada quien dependiendo de sus necesidades y capacidades racione el recurso de la mejor manera posible.



En la evolución histórica de los cambios de la política hidráulica mexicana, han influido las distintas orientaciones de las leyes y las instituciones que, en su momento, regían las acciones relacionadas con el manejo del agua y el desarrollo de la infraestructura y servicios hidráulicos.

Figura 4. Zonas de disponibilidad para el cobro de derechos, por región hidrológico-administrativa, 2007



Fuente: CONAGUA, Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de datos de la CONAGUA. Ley Federal de Derechos. México, 2006



## 1.4 ANTECEDENTES DEL REUSO DE AGUA RESIDUAL EN EL DISTRITO FEDERAL

Las estadísticas indican que las regiones con menor disponibilidad de agua, para complementar su demanda reusan el agua residual o sobreexplotan los acuíferos. Por ello en muchos sitios del país ocurren ambos, sólo que cuando el agua es reusada ello primero se da en forma no planeada, es decir sin tratar del todo o adecuadamente el agua. En efecto, de acuerdo con la CONAGUA, de 160 m<sup>3</sup>/s de agua residual municipal que se generan, cerca del 80% se reusa en su mayoría sin tratamiento.

El tratamiento y el reuso del agua juegan un papel fundamental en la administración y manejo de este recurso en todos los países, especialmente en aquellos que presentan problemas de escasez.

En los países industrializados se han desarrollado muchos proyectos e investigaciones para el reuso del agua con los beneficios adicionales de protección del ambiente y prevención de riesgos para la salud. En los países en desarrollo también es necesario cubrir estos aspectos, sólo que se requiere usar tecnologías de menor costo.

México tiene una disponibilidad de agua comprometida debido a la distribución de los recursos hídricos en relación con la demanda. Por ello la intensidad de uso de agua en el país varía de 1% (en Chiapas) hasta 120% (en el valle de México), aún cuando el valor promedio es del 18%.

El empleo principal es el riego agrícola, con los consiguientes problemas de salud, tanto en agricultores como en consumidores de los productos regados. Además el empleo de agua para riego provoca en diversas regiones la recarga del acuífero, lo que a largo plazo es otra fuente de reuso de agua no directo y no intencional para diversos fines, como lo es el consumo humano. Por ello es importante que la política hidráulica del país reconozca la importancia del reuso del agua y la integre como una estrategia tanto para contar con más recursos hídricos como para proteger y sanear el ambiente.



México cuenta con una superficie de casi 2 millones de kilómetros cuadrados, en donde se tiene una precipitación media anual de 777 milímetros, esto equivale a 1,640 kilómetros cúbicos. Sin embargo su distribución espacial es bastante irregular, en el 42% del territorio, principalmente en el norte, las precipitaciones medias anuales son inferiores a los 500 milímetros, y en algunos casos, como las zonas próximas al Río Colorado, son inferiores a 50 milímetros.

Por el contrario, en el 7% del territorio existen zonas con precipitaciones medias anuales superiores a los 2,000 milímetros, localizándose regiones donde se registran precipitaciones mayores a los 5,000 milímetros. En general estas precipitaciones suceden en unos cuantos meses, el 80% de las lluvias se presentan en verano.

Del agua que se precipita sobre el territorio el 27% se transforma en escurrimiento superficial, esto es, se cuenta con 410 kilómetros cúbicos de este líquido en las 320 cuencas del país.

Nuevamente la distribución espacial es muy irregular, el 50% del escurrimiento superficial se genera en el sureste, en tan solo el 20% del territorio, mientras que en una porción del norte que abarca el 30% del territorio se genera sólo el 4%.

México cuenta con un volumen promedio anual de 5,200 m<sup>3</sup> de agua por habitante, cifra que lo ubica teóricamente como un país sin problemas de agua. Sin embargo, al efectuar el balance regional aparecen zonas con déficit, donde el reuso podría ser una solución.

La infraestructura de tratamiento de aguas residuales municipales es de 808 plantas de tratamiento, de las cuales operan 615, aunque las eficiencias no siempre corresponden a las de diseño: una capacidad instalada de 55 m<sup>3</sup>/s y un gasto tratado de 35.3 m<sup>3</sup>/s, este último es el caudal para aprovecharse en reuso de aguas tratadas.



Actualmente las aguas residuales municipales se reusan en regiones con poca disponibilidad de agua, aún cuando en la mayoría de los casos se hace en forma inapropiada. Las aguas residuales de la Ciudad de México se utilizan en la agricultura en el distrito de riego 03 (aguas no tratadas). En la industria se usan aguas residuales tratadas en la papelera de San Cristóbal, en Lechería, Estado de México y Tula Hidalgo, se emplean para enfriar los sistemas de generación de energía eléctrica. En recreación se han utilizado aguas residuales tratadas en el llenado de lagos como el de Chapultepec, San Juan de Aragón y Xochimilco, entre otros. Además se usan para el riego de áreas verdes, como se muestra en la tabla 3.

## REUSO DEL AGUA EN EL VALLE DE MÉXICO

En lo que respecta a la recolección de aguas residuales, el Valle de México cuenta con un solo sistema de drenaje que funciona para el Distrito Federal y el Estado de México, que descargan en los interceptores generales del sistema de drenaje profundo, el cual las conduce por una salida artificial localizada en el extremo norte de la cuenca del Valle de México.

En el Distrito Federal la red del sistema abarca cerca de 10,000 km de largo, con 68 estaciones de bombeo, varios diques y lagunas para controlar el flujo, 42 km de ríos utilizados para drenaje y 118 km de túneles. Existen 21 plantas de tratamiento de aguas residuales en el Distrito Federal (17 a nivel secundario y 4 a nivel terciario) y 14 en el Estado de México, las cuales tratan un flujo total de 6.2 y 1.69 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

En resumen, aproximadamente el 90% de las aguas residuales municipales de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) permanece sin tratamiento, y se utilizan para regar 80,000 ha de sembradíos en el valle del Mezquital, en el Estado de Hidalgo, hacia el norte. Los drenes de esta zona descargan hacia los tributarios del río Pánuco, el cual desemboca en el Golfo de México. Aproximadamente el 10% de las aguas residuales tratadas en la ZMVM se reutilizan a nivel local en distintos proyectos de riego de parques y llenado de lagos de la ciudad.



Tabla 3. Uso del agua tratada en México

Uso del agua residual tratada	2005	2006	2007
Áreas verdes y lagos	54%	54%	54%
Recarga	20%	20%	20%
Riego agrícola	13%	13%	13%
Industrial	8%	8%	8%
Comercio	5%	5%	5%

Fuente: CONAGUA 2007



## 2.- NORMATIVIDAD APLICABLE

En este capítulo presentamos los aspectos más importantes de la normatividad aplicable relativa a los recursos hidráulicos en el país a todos los niveles de gobierno.

Los textos en cursivas fueron tomados textualmente de la ley, y sólo se hace mención de partes de párrafos de los artículos de las leyes y reglamentos que son de importancia para el tema de este documento.

### 2.1 ÁMBITO FEDERAL

Se han dictado ordenamientos; leyes, normas, reglamentos y acuerdos con relación al recurso agua, todo esto tomando como referencia lo que establecen los párrafos quinto y sexto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y que a la letra dice:

*Son propiedad de la nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el derecho internacional; las aguas marinas interiores; las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus afluentes directos e indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional; las de las corrientes constantes o intermitentes y sus afluentes directos o indirectos, cuando el cauce de aquéllas en toda su extensión o en parte de ellas, sirva de límite al territorio nacional o a dos entidades federativas, o cuando pase de una entidad federativa a otra o cruce la línea divisoria de la República; las de los lagos, lagunas o esteros cuyos vasos, zonas o riberas, estén cruzadas por líneas divisorias de dos o más entidades o entre la república y un país vecino, o cuando el límite de las riberas sirva de lindero entre dos entidades federativas o a la República con un país vecino; las de los manantiales que broten en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de los lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, y las que se extraigan de las minas; y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fija la ley.*



*Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno, pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos; el ejecutivo federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aún establecer zonas vedadas, al igual que para las demás aguas de propiedad nacional. Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos, pero si se localizaren en dos o más predios, el aprovechamiento de estas aguas se considerará de utilidad pública, y quedará sujeto a las disposiciones que dicten los estados.*

*En los casos a que se refieren los dos párrafos anteriores, el dominio de la nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el ejecutivo federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes. Las normas legales relativas a obras o trabajos de explotación de los minerales y sustancias a que se refiere el párrafo cuarto, regularán la ejecución y comprobación de los que se efectúen o deban efectuarse a partir de su vigencia, independientemente de la fecha de otorgamiento de las concesiones, y su inobservancia dará lugar a la cancelación de éstas. El gobierno federal tiene la facultad de establecer reservas nacionales y suprimirlas. Las declaratorias correspondientes se harán por el ejecutivo en los casos y condiciones que las leyes prevean. Tratándose del petróleo y de los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos o de minerales radiactivos, no se otorgarán concesiones ni contratos, ni subsistirán los que en su caso se hayan otorgado y la nación llevará a cabo la explotación de esos productos, en los términos que señale la ley reglamentaria respectiva. Corresponde exclusivamente a la nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines.*





A nivel federal además se dictó “La Ley de Aguas Nacionales” publicada el 24 de noviembre de 1992, misma que derogó a la antigua Ley Federal de Aguas, además existe el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, que establece algunos aspectos de procedimiento de lo que se dicta en la ley; algunas otras leyes hacen referencia al tema que nos ocupa, como son “La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente” publicada el 29 de abril del 2003 y “La Ley Federal Sobre Metrología y Normalización”.

En el ámbito federal, fue hasta el 13 de enero de 1989 que por decreto presidencial se crea la Comisión Nacional del Agua como órgano administrativo desconcentrado de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, la cual era la encargada del control y aplicación de la legislación en la materia, en dicho decreto se contempla como funciones principales de la Comisión las siguientes:

- Proponer la política hidráulica del país y ejecutar el Programa Nacional Hidráulico.
- Administrar y regular en términos de la ley lo relativo a las aguas nacionales, su infraestructura y los recursos que se le destinen.

Sin embargo en el decreto no se contempló otorgarle facultades fiscales, limitando sus atribuciones, tomando en cuenta las extracciones de agua y las descargas de aguas residuales, para determinar los adeudos, fue hasta el 3 de agosto de 1992 cuando por medio de otro decreto se le otorgan facultades fiscales de recaudación a algunos titulares de organismos de la Comisión.

### Ley de Aguas Nacionales

En las disposiciones preliminares de la ley en el artículo 1 ordena que; *la ley es de orden público e interés general y que tiene por objeto; regular la explotación, uso o aprovechamiento, su distribución y control, así como la presentación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable*, de las aguas a las que hace referencia la Constitución como aguas nacionales.



**En el Título Segundo**, relativo a la administración del agua, en el capítulo II, relativo al ámbito federal, declara de utilidad pública *“la protección, mejoramiento y conservación de cuencas, acuíferos, canales, o vasos y demás depósitos de propiedad nacional, así como la infiltración de aguas para reabastecer mantos acuíferos y la derivación de las aguas de una cuenca o región hidrológica hacia otra”*, de ahí la posibilidad de que para el Distrito Federal se hayan podido hacer obras como el sistema Lerma y Cutzamala, generando con esto inconformidad y conflictos con otras entidades del país.

En el mismo artículo inciso IV, establece de utilidad pública *“restablecer el equilibrio hidrológico de las cuencas nacionales, superficiales o de subsuelo, incluidas las limitaciones de extracción, las vedas, las reservas y el cambio en el uso del agua para destinarlo al uso doméstico”*, sin embargo y a pesar de esto, en la zona metropolitana de la ciudad de México los acuíferos se siguen sobreexplotando.

En el inciso V establece de utilidad pública *“la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales y la ejecución de medidas para el reuso de dichas aguas, así como la construcción de obras de prevención y control de la contaminación del agua”*.

Aunque en este inciso se habla del reuso y se refiere expresamente a las aguas provenientes de dichas plantas, es hasta este momento en que se habla del reuso como una alternativa para el ahorro del agua y para el uso de la misma en actividades donde no se necesita agua potable.

De utilidad pública también establece; *“la instalación de los dispositivos necesarios para la medición de la cantidad y calidad de las aguas nacionales”* y aunque esto de la calidad es un tema de suma importancia no lo abordaremos como tal, ya que en este trabajo pretendemos contribuir en la medida de nuestras posibilidades a generar una nueva cultura y una nueva política en el manejo del agua, demostrando técnica, económica y socialmente que el reuso de aguas grises y el aprovechamiento de las aguas pluviales, representa un gran ahorro en el consumo del agua potable en la Ciudad de México.



Dentro de las atribuciones que establece la ley para la Comisión, contempla la formulación de un Programa Nacional Hidráulico que deberá actualizar y vigilar su cumplimiento.

En el inciso XIV del artículo 9 establece como atribución de la Comisión *“fomentar y apoyar el desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado; los de saneamiento, tratamiento y reuso de aguas; los de riego o drenaje y los de control de avenidas y protección contra inundaciones en los casos previstos en la fracción IX del presente artículo; contratar, concesionar o descentralizar la prestación de los servicios que sean de su competencia o que así convenga con los gobiernos estatales y, por conducto de éstos, con los municipales, o con terceros”*.

En este inciso habla expresamente del reuso de aguas y no limita a las aguas provenientes de plantas, por lo que precisamente aquí deberían estar enfocados algunos de los esfuerzos más importantes en esa materia de todos los órganos de gobierno.

Como otras atribuciones, otorga la creación de los Organismos de Cuenca, con quienes establecerá las posibles limitaciones de emergencia, escasez extrema, sobreexplotación o reserva, estos organismos de cuenca serán los encargados de elaborar todos los programas de carácter específico de cada cuenca.

En el capítulo IV, se establecen los Consejos de Cuenca, órganos colegiados de integración mixta, conforme a la fracción XV del artículo 3 de esta ley. La coordinación, concertación, apoyo, consulta y asesoría referidas en la mencionada fracción están orientadas a formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca.

En el capítulo V, se maneja una participación de los usuarios muy limitada, y menciona que la Comisión apoyará la organización de los usuarios para mejorar el aprovechamiento del agua.



**En el Título Cuarto**, Derechos de explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, en el capítulo I Aguas Nacionales, en el artículo 16 la ley establece que; *“las aguas residuales provenientes del uso de las aguas nacionales, también tendrán el mismo carácter, cuando se descarguen en cuerpos receptores de propiedad nacional, aun cuando sean objeto de tratamiento”*. Es decir que el agua que usamos no es nuestra aunque la paguemos y que el hecho de usarla y pagarla no nos exime de efectuar acciones que nos permitan el ahorro del agua para uso humano en todas sus actividades, aseo, alimentación, diversión y consumo, para dejar a las futuras generaciones algo de este recurso.

De acuerdo a lo que establece la ley en el artículo 19; en cualquier momento será de utilidad pública, una veda en el acuífero de la Ciudad de México, para prevenir o remediar la sobreexplotación.

En el capítulo III Derechos y Obligaciones de Concesionarios o Asignatarios, el gobierno del Distrito Federal por medio del sistema de aguas de la Ciudad de México, nos concede a nosotros el agua para su uso y disfrute personal y de nuestras familias por medio de la red municipal y por lo tanto de acuerdo a lo que establece el inciso I del artículo 29, estamos obligados a realizar a nuestra costa las obras o trabajos para ejecutar el derecho de explotación, uso o aprovechamiento de agua, en el inciso V del mismo artículo establece como obligatorio, cubrir los pagos del agua que consumimos por lo que si llevamos a efecto obras que pudieran parecer costosas como primera inversión, a mediano y largo plazo dichos costos serán finalmente amortizados con creces, en el pago de los volúmenes consumidos y en el ahorro de estos.

En el inciso X del artículo 29 establece como obligatorio; *cumplir con los requisitos de uso eficiente del agua y realizar su reuso en los términos de las normas oficiales mexicanas o de las condiciones particulares que al efecto se emitan*; existe apenas una normatividad que establece los parámetros máximos de contaminantes en el agua residual, pero no hay ninguna norma emitida que establezca el número mínimo de usos que pueda dársele a las aguas servidas.



El artículo 29 bis 1. Establece en el inciso I que los asignatarios tendrán los siguientes derechos: *Explotar, usar, reusar o aprovechar las aguas nacionales, en los términos de la presente Ley y del título respectivo.*

**En el Título Quinto,** Zonas Reglamentadas, de Veda o de Reserva, capítulo único se establecen mecanismos para que el ejecutivo federal pueda reglamentar la extracción y utilización de aguas nacionales, establecer zonas de veda o declarar la reserva de aguas en los casos de interés público, entre los que se encuentran prevenir o remediar la sobreexplotación de los acuíferos. En acuífero de la Ciudad de México se extrae mucha más agua de la que logra infiltrarse, por lo tanto está sobreexplotado y se han realizado pocas acciones para remediar esta situación. Aunque parezca algo remoto por cuestión política, el ejecutivo federal podría declarar una veda en la explotación de este acuífero, por eso las acciones que podamos efectuar para el ahorro y uso eficiente del agua se han convertido en algo imprescindible.

**En el Título Sexto,** Usos del agua, capítulo I; Uso Público Urbano; el agua que consumimos en la Ciudad de México a sido asignada al gobierno local, por la CONAGUA, para la explotación, uso o aprovechamiento y es administrada por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, por lo tanto es la autoridad responsable del agua desde que es extraída del subsuelo por medio de pozos o entregada por la CONAGUA por medio de los sistemas provenientes de cuencas externas (Lerma y Cutzamala). De aquí se desprende la posibilidad de legislar y normar en el ámbito local la explotación, uso y aprovechamiento del agua que consumimos los habitantes de esta ciudad, por lo tanto si la cuenca de la Ciudad de México, no ha avanzado considerablemente en la posibilidad de ser autosuficiente para abastecer a la población, gran parte de la responsabilidad es la pobreza en la legislación, la normatividad, en las acciones, programas y obras en la materia del manejo del agua en el ámbito local, y no sólo nos referimos al gobierno del Distrito Federal, sino al de todas las entidades que confluyen en la gran cuenca endorreica que forma la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.



**En el Título Séptimo**, Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas y Responsabilidad por Daño Ambiental, en este título se establecen una serie de lineamientos y se ordena la creación de normas para establecer los parámetros máximos para la contaminación de las aguas, así como para que la CONAGUA, pueda otorgar y revocar permisos para descargas de aguas residuales a cuerpos de agua o al alcantarillado. Aunque este tema sin lugar a dudas es de suma importancia no lo tocamos de manera amplia para la elaboración de nuestro trabajo por los motivos siguientes: la situación del abasto de agua en la Ciudad de México ahora nos conduce incluso no a ver los límites máximos de contaminantes en el agua si no a los límites mínimos, es decir que debe haber parámetros máximos y mínimos, pero más aún al número de usos que pueda dársele al agua.

El agua potable que en su mayoría se extrae del acuífero, generando sobre explotación de este y en porcentajes menores se abastece de fuentes externas a la cuenca y de algunos manantiales que todavía existen en algunas zonas de la periferia de la ciudad, ha sido manejada durante siglos con una falta total de visión a futuro. Ya hoy el agua cada día es menos y la población sigue creciendo a pasos agigantados, es por esto que todos los que cohabitamos en esta ciudad, debemos impulsar desde nuestro ámbito una nueva cultura para el manejo y aprovechamiento de este vital líquido, por lo que proponemos una serie de acciones que tendrían que empezar por plasmarse en la legislación y en la normatividad vigente, no sólo con carácter de sugerencia sino con carácter de obligatorio para las autoridades que administran y los usuarios que finalmente son los que ya sufren la carencia de este vital líquido.

**En el Título Décimo**, Infracciones, sanciones y recursos, de acuerdo a lo que establece este título en su capítulo I, artículo 119, inciso I, el Distrito Federal se encuentra en permanente contradicción a lo que establece, ya que se descarga la mayoría de las aguas residuales que se producen en él, sin ningún tratamiento y evidentemente superando los parámetros máximos de contaminantes que se establecen en la normatividad en cuerpos receptores que son bienes nacionales, incluyendo aguas marinas y además el agua que logra infiltrarse lleva una gran cantidad de sustancias que contaminan el subsuelo y los



acuíferos, por lo que además de las sanciones administrativas que se establecen en el artículo 120º, también debía haberse impuesto una clausura definitiva de las descargas de las grandes infraestructuras de drenaje de la ciudad, como son el drenaje profundo, el gran canal y otros colectores.

En el reglamento de esta ley se establecen cuestiones de carácter técnico para en el título tercero, establecer el procedimiento para la creación de los Organismos de Cuenca y los Consejos de Cuenca para la elaboración de los Subprogramas específicos de cada cuenca y el procedimiento para la elaboración de los mismos, en los Consejos de Cuenca promueve la participación de instancias de gobierno, de los usuarios de las aguas nacionales y en general de los grupos sociales interesados a través de estos consejos.

En cuanto la programación hidráulica nacional está, precisará los objetivos nacionales, regionales y locales de la política en la materia, las prioridades para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, así como la conservación de su cantidad y su calidad; los instrumentos para la implantación de las acciones programadas, los responsables de su ejecución y el origen y destino de los recursos requeridos. La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente establece algunos aspectos sobre el particular.

**En el Título Tercero**, Aprovechamiento Sustentable de los Elementos Naturales, en su capítulo I Aprovechamiento Sustentable del Agua y los Ecosistemas Acuáticos, establece en el artículo 89, *Los criterios para el aprovechamiento sustentable del agua y de los ecosistemas acuáticos, serán considerados en:*

*VII.- Las previsiones contenidas en el programa director para el desarrollo urbano del Distrito Federal respecto de la política de reuso de aguas;*

En el artículo 92, establece que; *Con el propósito de asegurar la disponibilidad del agua y abatir los niveles de desperdicio, las autoridades competentes promoverán el ahorro y uso eficiente del agua, el tratamiento de aguas residuales y su reuso.*



En el capítulo II artículo 117, Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios:

- I. La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país;*
- II. Corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo;*
- III. El aprovechamiento del agua en actividades productivas susceptibles de producir su contaminación, conlleva la responsabilidad del tratamiento de las descargas, para reintegrarla en condiciones adecuadas para su utilización en otras actividades y para mantener el equilibrio de los ecosistemas;*
- IV. Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo; y*
- V. La participación y corresponsabilidad de la sociedad es condición indispensable para evitar la contaminación del agua.*

En el artículo 118, establece; *Los criterios para la prevención y control de la contaminación del agua serán considerados en:*

- I.- La expedición de normas oficiales mexicanas para el uso, tratamiento y disposición de aguas residuales, para evitar riesgos y daños a la salud pública;*
- II.- La formulación de las normas oficiales mexicanas que deberá satisfacer el tratamiento del agua para el uso y consumo humano, así como para la infiltración y descarga de aguas residuales en cuerpos receptores considerados aguas nacionales;*
- III. Los convenios que celebre el Ejecutivo Federal para entrega de agua en bloque a los sistemas usuarios o a usuarios, especialmente en lo que se refiere a la determinación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales que deban instalarse;*
- IV.- El establecimiento de zonas reglamentadas, de veda o de reserva en términos de la Ley de Aguas Nacionales;*
- V. Las concesiones, asignaciones, permisos y en general autorizaciones que deban obtener los concesionarios, asignatarios o permisionarios, y en general los usuarios de*





*las aguas propiedad de la nación, para infiltrar aguas residuales en los terrenos, o para descargarlas en otros cuerpos receptores distintos de los alcantarillados de las poblaciones; y*

*VI. La organización, dirección y reglamentación de los trabajos de hidrología en cuencas, cauces y álveos de aguas nacionales, superficiales y subterráneos.*

*VII.- La clasificación de cuerpos receptores de descarga de aguas residuales, de acuerdo a su capacidad de asimilación o dilución y la carga contaminante que éstos puedan recibir.*

*El artículo 119, establece; La Secretaría expedirá las normas oficiales mexicanas que se requieran para prevenir y controlar la contaminación de las aguas nacionales, conforme a lo dispuesto en esta Ley, en la Ley de Aguas Nacionales, su Reglamento y las demás disposiciones que resulten aplicables.*

*Tratándose de Normas Oficiales Mexicanas que se requieran para prevenir la contaminación de agua, la Secretaría elaborará y expedirá una Norma Mexicana en torno a la biodegradabilidad sobre los detergentes. En cuanto al etiquetado de dichos productos, se observará el cumplimiento puntual de la norma o normas referentes a los productos y servicios; etiquetados y envasado para productos de aseo de uso doméstico. En lo conducente, la Secretaría se coordinará con la Secretaría de Marina.*

*Artículo 119 bis.- En materia de prevención y control de la contaminación del agua, corresponde a los gobiernos de los Estados y de los Municipios, por sí o a través de sus organismos públicos que administren el agua, así como al del Distrito Federal, de conformidad con la distribución de competencias establecida en esta Ley y conforme lo dispongan sus leyes locales en la materia:*

*I.- El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado;*

*II.- La vigilancia de las normas oficiales mexicanas correspondientes, así como requerir a quienes generen descargas a dichos sistemas y no cumplan con éstas, la instalación de sistemas de tratamiento;*



*III.- Determinar el monto de los derechos correspondientes para que el municipio o autoridad estatal respectiva, pueda llevar a cabo el tratamiento necesario, y en su caso, proceder a la imposición de las sanciones a que haya lugar, y*

*IV.- Llevar y actualizar el registro de las descargas a los sistemas de drenaje y alcantarillado que administren, el que será integrado al registro nacional de descargas a cargo de la Secretaría.*

El artículo 120, establece; *Para evitar la contaminación del agua, quedan sujetos a regulación federal o local:*

*I. Las descargas de origen industrial;*

*II. Las descargas de origen municipal y su mezcla incontrolada con otras descargas;*

*III. Las descargas derivadas de actividades agropecuarias;*

*IV. Las descargas de desechos, sustancias o residuos generados en las actividades de extracción de recursos no renovables;*

*V. La aplicación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas;*

*VI. Las infiltraciones que afecten los mantos acuíferos; y*

*VII.- El vertimiento de residuos sólidos, materiales peligrosos y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, en cuerpos y corrientes de agua.*

El artículo 121, menciona; *No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.*

El artículo 122, establece; *Las aguas residuales provenientes de usos públicos urbanos y las de usos industriales o agropecuarios que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado de las poblaciones o en las cuencas ríos, cauces, vasos y demás depósitos o corrientes de agua, así como las que por cualquier medio se infiltren en el subsuelo, y en general, las que se derramen en los suelos, deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir;*



- I. Contaminación de los cuerpos receptores;
- II. Interferencias en los procesos de depuración de las aguas; y
- III. Trastornos, impedimentos o alteraciones en los correctos aprovechamientos, o en el funcionamiento adecuado de los sistemas, y en la capacidad hidráulica en las cuencas, cauces, vasos, mantos acuíferos y demás depósitos de propiedad nacional, así como de los sistemas de alcantarillado.

El artículo 123, menciona; *Todas las descargas en las redes colectoras, ríos, acuíferos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua y los derrames de aguas residuales en los suelos o su infiltración en terrenos, deberán satisfacer las normas oficiales mexicanas que para tal efecto se expidan, y en su caso, las condiciones particulares de descarga que determine la Secretaría o las autoridades locales. Corresponderá a quien genere dichas descargas, realizar el tratamiento previo requerido.*

El artículo 124, establece; *Cuando las aguas residuales afecten o puedan afectar fuentes de abastecimiento de agua, la Secretaría lo comunicará a la Secretaría de Salud y negará el permiso o autorización correspondiente, o revocará, y en su caso, ordenará la suspensión del suministro.*

Como vemos el articulado de la Ley de Aguas Nacionales, está centrado en el problema de la contaminación del agua y poco contempla como un ordenamiento fundamental el reuso del agua y el aprovechamiento de las aguas pluviales para usos en los que no se requiere el uso de agua potable.

## 2.2 ÁMBITO LOCAL

En el ámbito local existen dos leyes que hacen referencia al agua: La Ley de Aguas del Distrito Federal y la Ley Ambiental del Distrito Federal.

**Ley de Aguas del Distrito Federal** (publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 27 de mayo de 2003).



La Ley en su artículo 1, señala que esta *tiene por objeto “regular la gestión integral de los recursos hídricos y la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reuso de aguas residuales”* y que sus *disposiciones son de orden público y de interés social.*

En el artículo 3, *declara de utilidad pública el tratamiento de aguas residuales y el mantenimiento, rehabilitación, construcción operación y ampliación de las obras de abastecimiento de agua potable, drenaje y alcantarillado.*

El artículo 5 establece que *toda persona en el Distrito Federal, tiene derecho al acceso suficiente, seguro e higiénico de agua disponible para su uso personal y doméstico.*

En el artículo 6, donde formula los instrumentos de política que observarán las autoridades, menciona lo siguiente:

*I. El agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el ambiente.*

*II. El agua es un bien social, cultural, ambiental y económico.*

*III. El agua requerida para uso doméstico y personal debe ser salubre, libre de microorganismos patógenos, sustancias químicas y peligros radiológicos que constituyan riesgo a la salud humana. En consecuencia, el agua debe contener un sabor, olor y color aceptable para cada uso.*

*V. El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las tomas de decisiones.*

*VI. El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y los servicios hidráulicos deben pagarse por su prestación de acuerdo a las disposiciones legales aplicables.*

*VIII. La mujer desempeña un papel fundamental en la gestión, ahorro y protección del agua.*



*IX. Las autoridades tienen la obligación de apoyar a aquellas personas que tienen dificultades para acceder al suministro del agua.*

*X. Las autoridades deben adoptar medidas que incluyan el uso de técnicas y tecnologías de bajo costo, una política de precios apropiados para zonas marginadas o de vivienda popular, así como la adopción de mecanismos institucionales que prevean beneficios laborales para acceder a los servicios hidráulicos de calidad.*

*XII. La consideración de los atributos de accesibilidad, equidad, sustentabilidad y eficiencia económica para las presentes y futuras generaciones que reduzcan el agotamiento de estos recursos y la contaminación de los cuerpos de agua y los ecosistemas; y*

*XIII. La adopción de medidas para el monitoreo y evaluación de los recursos hídricos, para el establecimiento de indicadores de sustentabilidad, para la evaluación de los impactos de acciones sobre la disponibilidad del agua; para el incremento del uso eficiente de los recursos hídricos por los usuarios, la reducción de la pérdida del agua en su distribución; y para el establecimiento de mecanismos de respuesta a situaciones de emergencia.*

En cuanto a las competencias de los organismos públicos involucrados en el manejo del agua menciona lo siguiente en el Título Segundo.

En el artículo 7, establece que *el Sistema de Aguas de la Ciudad de México es un Órgano Desconcentrado de la Administración Pública del Distrito Federal, adscrito a la Secretaría del Medio Ambiente y el objeto principal de esta es la operación de la infraestructura hidráulica y la prestación del servicio público de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reuso de aguas residuales, que fungirá como auxiliar de la Secretaría de Finanzas en materia de servicios hidráulicos conforme a lo dispuesto en el Código Financiero.*

Establece en el artículo 9 la creación de un Consejo de Gobierno del Sistema de Aguas y como estará integrado y le otorga además de algunas atribuciones de carácter administrativo en el inciso VIII. Del artículo 11 aprobar el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos y el Programa para el Uso Eficiente del Agua.



En el artículo 15, establece las competencias de la Secretaría del Medio Ambiente y a la letra menciona en el inciso:

*I. Integrar la política ambiental las disposiciones que establece la Ley en materia de conservación y aprovechamiento sustentable del agua, así como la prevención y control de la contaminación del agua y su aplicación.*

*II. Proteger las cuencas fluviales del agotamiento y degradación de sus suelos y cubierta forestal así como de actividades perjudiciales que incluyan en sus causas.*

*IV. Establecer y operar sistemas de monitoreo de la calidad del agua en el Distrito Federal.*

*VI: Emitir las normas ambientales para el Distrito Federal con relación al manejo integral de los recursos hídricos, la prestación de servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reuso de agua residuales, con base en lo establecido en la Ley Ambiental.*

*VII. Coordinar y vigilar el registro de descargas de agua residual de fuentes fijas que se vierten a los sistemas de drenaje y alcantarillado y demás cuerpos receptores en el Distrito Federal.*

*VIII. Establecer y actualizar el registro de descargas de aguas residuales que se viertan en el sistema de drenaje y alcantarillado o a cuerpos receptores en el Distrito Federal.*

La Ley de Aguas establece en el artículo 16, las Facultades que corresponden al Sistema de Aguas de la Ciudad de México, en el inciso *I. Elaborar, ejecutar, evaluar y vigilar el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, como instrumento rector de la política hídrica;*

*II. Planear, organizar, controlar y prestar los servicios hidráulicos, y los procesos de tratamiento y reuso de aguas residuales coordinándose en su caso con las delegaciones.*

*IV. Opinar y participar sobre los criterios que la Secretaría incluya en las normas ambientales para el Distrito Federal en materia de manejo integral de los recursos hídricos, de prestación de servicios hidráulicos y el tratamiento y reuso de aguas residuales;*

*VII. Ordenar el tratamiento obligatorio de aguas residuales y el manejo de lodos a las personas físicas o morales que utilicen y contaminen el agua con motivo de procesos industriales, comerciales o de servicios que realicen;*



- XIV. Llevar a cabo los estudios y proponer la necesidad de otorgar concesiones para la realización de obras y la prestación de los servicios hidráulicos y vigilar su cumplimiento;
- XV. Promover la sustitución del agua potable por agua tratada en cualquier actividad incluyendo la agropecuaria;
- XVI. Proponer mecanismos fiscales y financieros tendientes a fomentar al inversión privada y social de proyectos hidráulicos;
- XIX. Construir presas de captación y almacenamiento de agua pluvial, así como colectores marginales a lo largo de las barrancas y causes para la captación de agua;
- XX. Construir en las zonas de reserva ecológica, áreas verdes, represas, ollas de agua, lagunas de infiltración, pozos de absorción y otras obras necesarias para la captación de aguas pluviales, con el fin de incrementar los niveles de agua de los mantos freáticos, en coordinación con la Comisión Nacional del Agua;
- XXII. Verificar que la tecnología que emplean las empresas constructoras de viviendas, conjuntos habitacionales, espacios agropecuarios, industriales, comerciales y de servicios, sea la adecuada para el ahorro del agua;
- XXIII. Promover mediante campañas periódicas e instrumentos de participación ciudadana, el uso eficiente del agua y su conservación en todas las fases del ciclo hidrológico, e impulsar una cultura del agua que considere a este elemento como un recurso vital, escaso, finito y vulnerable mediante la educación ambiental; así como programar, estudiar y realizar acciones para el aprovechamiento racional del agua y la conservación de su calidad;
- XXIV. Promover campañas de toma de conciencia para crear en la población una cultura de uso racional del agua y su preservación;
- XXVI. Promover la optimización en el consumo del agua, la implantación y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, **su reuso**, y aprovechamiento de aguas pluviales, así como la restauración y protección de los mantos freáticos;

En el artículo 18, la Ley establece las facultades de las delegaciones y entre otras en el inciso III. En dicho artículo establece; *Aplicar las disposiciones de su competencia establecidas en el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos y el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua.*



En el artículo 20 inciso III. *La definición de políticas para la administración y la gestión integral de los recursos hídricos, considerando las disposiciones contenidas en esta Ley, 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 reuso**, destinadas al consumo, uso humano con fines domésticos, urbano, comercial, industrial o de cualquier otro uso en le Distrito Federal;*

*IV. 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 reuso, este último conforme a los criterios establecidos en la Ley Ambiental;*

*V. La definición de los lineamientos para el mejor uso de las aguas asignadas al Distrito Federal por la Comisión Nacional del Agua.*

En el artículo 22, establece algunas formas de planeación de la gestión integral de los recursos hídricos y a la letra en el inciso IV. *Establece los Programas de prestación de Servicios de Agua Potable, Drenaje, Alcantarillado y de Tratamiento de Aguas Residuales y su Reuso;*

En el artículo 23, se establece la formulación del Programa de Gestión Integral de los Recursos hidráulicos y fija algunos criterios para crearlo, en el inciso III, dice a la letra; *Fomentar el desarrollo, uso de tecnologías, métodos, prácticas y procesos de producción y comercialización que favorezcan un manejo integral y sustentable de los recursos hídricos.*

El inciso VI establece; *Describir, analizar, valorar y diagnosticar el marco y la disponibilidad natural y artificial del agua en cantidad y calidad, en cuanto su variación temporal y territorial en el Distrito Federal;*

El inciso XI establece; *Plantear bases y principios para la elaboración de los Programas de Prestación de Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado, así como de Tratamiento de Aguas Residuales y su Reuso.*

El inciso XVIII dice; *Formular estrategias y políticas para la regulación del uso o aprovechamiento racional del agua.*





Finalmente en el inciso XX, dice, *Establecer mecanismos necesarios para el tratamiento de aguas residuales, su reuso y la recuperación de aguas pluviales en el Distrito Federal.*

En el artículo 26 del mismo Título Tercero la Ley establece que; *La Secretaría formulará, evaluará y vigilará el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua, mismo que contempla los proyectos y acciones que deben adoptarse, basado en el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos y en un diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, y deberá contener las metas anuales de reducción de pérdidas, las campañas educativas y de difusión a la comunidad, la utilización de aguas superficiales, pluviales y subterráneas, los incentivos, las medidas que deberán adoptar los usuarios del agua y los prestadores de servicios, así como otros aspectos que en él se señalen.*

La creación de este programa debe ser difundida y llamada a la participación de instituciones educativas, de expertos en el tema y de la sociedad en general.

En el artículo 27 la Ley establece que; *El Sistema de Aguas, en coordinación con la Secretaría y las Secretarías de Desarrollo Económico y de Finanzas, promoverá instrumentos económicos para aquellas personas que desarrollen o inviertan en tecnologías y utilización de prácticas, métodos o procesos que coadyuven a mejorar el manejo integral de los recursos hídricos, siempre y cuando cumplan con los criterios de sustentabilidad aprobados por la Secretaría.*

El artículo 29 establece que se efectuarán; *Los programas de difusión en materia ambiental de la Secretaría, el Sistema de Aguas y las delegaciones incluirán campañas periódicas para fomentar la mitigación del uso inadecuado del agua y los recursos naturales relacionados con ésta, así como anunciar por diversos medios posibles mensajes básicos para el buen manejo del agua, su higiene y saneamiento, las formas de colectar aguas pluviales domésticas para su uso, procurando integrar tanto el conocimiento tradicional como el científico y tecnológico.*



En el artículo 30, menciona lo relacionado con la promoción del sistema de agua y de las delegaciones para la participación de los diferentes sectores de la sociedad y en el inciso III, establece; *La promoción de proyectos pilotos y de demostración destinados a generar elementos de información para sustentar programas en materia de recursos hídricos, servicios hidráulicos y de tratamiento y reuso de aguas residuales.*

Finalmente, en el artículo 31 establece: *La Secretaría sistematizará y pondrá a disposición del público la información relativa a la gestión integral de los recursos hídricos, la prestación de los servicios hidráulicos y el tratamiento y reuso de aguas residuales, mediante los mecanismos establecidos en el capítulo correspondiente de la Ley Ambiental, sin perjuicio de la debida reserva de aquella información protegida por las leyes. Estos son los instrumentos de política de la gestión integral de los recursos hídricos que establece la ley en el ámbito local.*

En el Título Cuarto, relativo a la conservación, aprovechamiento sustentable y prevención y control de la contaminación del agua, establece que *la Secretaría podrá; formular, evaluar y vigilar el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, considera algunos de los criterios establecidos en la Ley Ambiental del Distrito Federal y establece como tales en los incisos I. El aprovechamiento del agua para consumo humano o actividades productivas, deberá realizarse bajo mecanismos de optimización, procurando obtener los mayores beneficios humanos, antes de incorporarla al ciclo natural o verterla al sistema de drenaje, II. La población debe reusar, en tanto sea posible, el agua de uso doméstico que utilice y IV. En las barrancas y cauces naturales de aguas pluviales o de manantial cercanos a zonas habitacionales, el Sistema de Aguas deberá construir a ambos lados del cauce, un sistema de drenaje para evitar que se contaminen con aguas residuales.*

En el artículo 35, establece las disposiciones a las que deberán sujetarse los usuarios en el inciso III. c) establece; *En las nuevas construcciones, sean de manera individual o en conjunto, se deberán de efectuar las instalaciones que el Sistema de Aguas señale, a efecto de que cuenten con aparato medidor, así como drenajes separados, uno para*



*aguas residuales y otro para grises o pluviales y en el inciso XI; Se deberá utilizar agua residual tratada producida en las plantas de tratamiento, libre de compuestos tóxicos y orgánicos patógenos que pongan en peligro la salud, siempre y cuando haya disponibilidad en:*

*a) Los usuarios domésticos, establecimientos mercantiles, industriales, comerciales, de servicios, de recreación y centros comerciales que ocupen una superficie de 2,500 metros cuadrados en adelante, en sus actividades de limpieza de instalaciones, parque vehicular y áreas verdes.*

*En el inciso XII, menciona; El uso del agua para actividades humanas deberá realizarse de forma tal que se emplee únicamente en las cantidades estrictamente indispensables para cumplir con los objetivos a que se destina.*

*En el artículo 40, establece; En las construcciones e instalaciones, tanto del Gobierno del Distrito Federal, sus dependencias, entidades y organismos desconcentrados, así como las edificaciones de la Asamblea Legislativa y del Poder Judicial del Distrito Federal, deberán establecer sistemas de recuperación y almacenamiento de aguas pluviales así como sistemas para el ahorro y uso sustentable del agua.*

### **La Ley Ambiental del Distrito Federal**

*Establece en relación con el agua lo siguiente en las disposiciones generales, menciona en el inciso V, del artículo 1, Prevenir y controlar la contaminación del aire, agua y suelo en el Distrito Federal en aquellos casos que no sean competencia de la Federación.*

*En el artículo 2, los casos en que se aplicará esta ley en el inciso II menciona; En la prevención y control de la contaminación de las aguas de competencia local conforme a la ley federal en la materia.*

*En el artículo 3 en las consideraciones de utilidad pública, en el inciso IV, establece; La prevención y control de la contaminación ambiental del aire, agua y suelo, así como el*



*cuidado, restauración y aprovechamiento de los elementos naturales y de los sitios necesarios para asegurar la conservación e incremento de la flora y fauna silvestres.*

En el artículo 9 referente a las atribuciones de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, establece en el inciso LI. *Formular y conducir la política del Distrito Federal en materia de uso y aprovechamiento sustentable del agua.*

En el **Título Tercero**, de la política de desarrollo sustentable, en el capítulo I, en el artículo 18, inciso II establece; *Las autoridades así como la sociedad, deben asumir en corresponsabilidad la protección del ambiente, así como la conservación, restauración y manejo de los ecosistemas y el mejoramiento de la calidad del aire, del agua y del suelo del Distrito Federal, con el fin de proteger la salud humana y elevar el nivel de vida de su población.*

En el capítulo IV, del ordenamiento ecológico y en el artículo 28 establece; *El ordenamiento ecológico es un instrumento de política ambiental que tiene por objeto definir y regular los usos del suelo, en el suelo de conservación, los criterios ambientales aplicables a los usos y destinos del suelo de los Programas de Desarrollo Urbano en los asentamientos humanos en suelo de conservación, de los recursos naturales y de las actividades productivas, para hacer compatible la conservación de la biodiversidad con el desarrollo regional. Este instrumento es de carácter obligatorio en el Distrito Federal y servirá de base para la elaboración de los programas y proyectos de desarrollo, así como obras y actividades que se pretendan ejecutar.*

En el capítulo V, normas ambientales para el Distrito Federal, en el artículo 36, establece en el inciso I. *Los requisitos o especificaciones, condiciones, parámetros y límites permisibles en el desarrollo de una actividad humana que pudiera afectar la salud, la conservación del medio ambiente, la protección ecológica o provoca daños al ambiente y los recursos naturales y en el inciso III. Los requisitos, condiciones, parámetros y límites permisibles para el tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales provenientes de actividades domésticas, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias o de cualquier otra actividad humana y que, por el uso recibido, se les hayan incorporado contaminantes.*



El capítulo IX. instrumentos económicos, en el artículo 72, inciso I menciona; *Adquieran, instalen y operen las tecnologías, sistemas, equipos y materiales o realicen las acciones que acrediten prevenir o reducir las emisiones contaminantes establecidos por las normas oficiales mexicanas y las ambientales para el Distrito Federal, o prevenir y reducir el consumo de agua o de energía, o que incorporen sistemas de recuperación y reciclamiento de las aguas de desecho o que utilicen aguas tratadas o de reuso para sus funciones productivas, de conformidad con los programas que al efecto se establezcan y en el inciso III del artículo 72 bis establece; El ahorro y aprovechamiento sustentable y la prevención de la contaminación del agua, todo esto como parte de los instrumentos económicos que deberá diseñar la Secretaría.*

Finalmente, en el **Título Cuarto**; de la protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, en el capítulo IV, de la conservación y aprovechamiento sustentable del agua, en el artículo 104, establece; *la Secretaría regulará la eliminación gradual del uso de agua potable en los procesos en que se pueda utilizar aguas de reuso o tratadas.*

En el artículo 105, establece; para el aprovechamiento sustentable de las aguas de competencia del Distrito Federal, así como el uso adecuado del agua que se utiliza en los centros de población, se considerarán los criterios siguientes: en el inciso VII *el reuso del agua y el aprovechamiento del agua tratada es una forma eficiente de utilizar y conservar el recurso* y en el artículo 108, inciso I, *usar racionalmente el agua* y finalmente en el inciso IV. *La observancia de la normatividad para el uso, reuso y reciclaje del agua y el aprovechamiento del agua pluvial.*

A grandes rasgos, esta es la legislación y normatividad que existe en nuestro país en los diferentes niveles de gobierno, se menciona el reuso de las aguas residuales como una posibilidad para ahorrarla, en ninguna parte de esta legislación se habla del reuso de las aguas residuales con carácter obligatorio, o como alternativa para solucionar la escasez del agua, por lo tanto los interesados en el manejo de este recurso debemos participar



para realizar acciones que permitan un ahorro significativo del agua que es pues un elemento imprescindible para la vida y así heredarle con una mejor calidad y cantidad a las futuras generaciones.



### **3.- ESTUDIO DE CASO EDIFICIO DEL HOTEL DE LA TERMINAL 2 DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL BENITO JUÁREZ**

En este capítulo desarrollaremos un proyecto, aplicando los criterios técnicos comúnmente utilizados, proporcionando una alternativa para el reuso de aguas grises y aprovechamiento de las aguas pluviales con una red alterna para el sistema hidráulico y finalmente con base en esto demostraremos la factibilidad del proyecto desde el punto de vista técnico, social y económico, apoyándonos en una memoria descriptiva.

#### **3.1 OBJETIVO**

La presente memoria descriptiva establece los lineamientos técnicos y de diseño utilizados en el desarrollo de las Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias Interiores del hotel del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, Terminal 2, perteneciente a la cadena hotelera NH, estas instalaciones estarán fundadas en el reuso de las aguas grises que se generarán de las descargas de las regaderas, lavabos, tarjas, tinas, baño maría y fregaderos y el aprovechamiento de las aguas pluviales para ser infiltradas. Las aguas grises serán conducidas por medio de una red de drenaje hasta una cisterna de almacenamiento en donde se les dará un tratamiento de filtración y posteriormente serán conducidas a través de otra red hidráulica a presión por medio de un equipo hidroneumático para alimentar los retretes y los mingitorios, los cuales se descargarán por medio de otra red de drenaje sanitario que conducirá las aguas hasta una planta de tratamiento y será utilizada para el riego de áreas verdes.

##### **3.1.1 ALCANCE**

La presente memoria complementa y justifica los planos de Proyecto, para Instalaciones; hidráulicas de agua potable: para regaderas, lavabos, tarjas, tinas, baño maría y fregaderos, hidráulica de aguas grises: para retretes y mingitorios y sanitarias de aguas grises hacia cisterna de almacenamiento, así como sanitaria de aguas residuales hacia



planta de tratamiento y red de aguas pluviales hacia tanque de regulación de avenidas y pozo de absorción, comprobando y fundamentando los criterios utilizados para la posterior construcción.

### 3.1.2 NORMAS Y REGLAMENTOS

- Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, 2004 vigente
- Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas “Gaceta Oficial del Distrito Federal”, 2004
- Normas Técnicas Complementarias para la Instalación de Abastecimiento de Agua Potable y Drenaje “Gaceta Oficial del Distrito Federal”, 1995
- Manual de Hidráulica Urbana de la extinta DGCOH, 1982
- Normas de Proyecto de Ingeniería del Instituto Mexicano del Seguro Social, Tomo II, “Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y Gases Medicinales”, 1999
- Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Sanitario en Localidades Urbanas de la República Mexicana, 2000
- Lineamientos Técnicos para la elaboración de estudios y proyectos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, CONAGUA , 2000

## 3.2 ANTECEDENTES

### 3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se proyecta la construcción del Hotel NH que se encontrará localizado en la Terminal 2 del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México “Benito Juárez”.

Se proyectan las instalaciones hidráulicas y sanitarias interiores del Hotel NH, el cual contará con tres niveles, en los que se tendrán 287 habitaciones, cocinas, salones, restaurante, locales comerciales, roperías, oficinas y núcleos de sanitarios públicos.

El abastecimiento de agua para servicios se hará a partir del suministro de la red de agua potable en el interior del predio, a través de esta se llenará una cisterna que estará





ubicada en el interior del edificio, de ahí por medio de un equipo hidroneumático que trabaja a presión constante con un gasto y carga mínima necesaria para el mejor funcionamiento de los muebles sanitarios se suministrará el agua a cada una de las habitaciones del Hotel, así como a las demás áreas que lo demanden. Se contará con una red de agua potable, que alimentará regaderas, lavabos, tinas, tarjas, fregaderos y baño maría y una red de aguas grises, la cual será abastecida de las descargas de todos los muebles alimentados por la red de agua potable y será conducida hasta una cisterna, en donde después de un tratamiento primario de filtración, por medio de otro equipo hidroneumático también a presión constante y la red de aguas grises se alimentarán los retretes y los mingitorios.

Los muebles sanitarios como son los inodoros de las habitaciones del hotel, se consideran de tanque bajo, para el suministro de agua fría y en sanitarios públicos los inodoros y mingitorios se consideran de fluxómetro, se recomienda utilizar muebles activados con equipos de sensor de presencia.

El suministro del agua caliente de las regaderas y lavabos se realizará a través de una caldera que se tendrá en el cuarto de máquinas. De acuerdo con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente, se utilizarán muebles de bajo consumo de agua y dispositivos economizadores en llaves y regaderas.

Los drenajes proyectados son un sistema de tipo separado, es decir se conducirán las descargas de aguas grises, negras y pluviales por diferentes conductos, descargando las aguas grises provenientes de regaderas, lavabos, tinas, tarjas, fregaderos y baño maría ubicados en cada una de las habitaciones y áreas de servicio en las preparaciones que se dejarán en el interior del hotel para su recolección a una cisterna, en donde se le dará previamente a su reuso un tratamiento primario de filtración para posteriormente alimentar los retretes y mingitorios, estos retretes y mingitorios desaguarán por medio de otra red de aguas negras para su posterior descarga a la planta de tratamiento que se tendrá en el hotel. Así mismo las aguas pluviales serán conducidas por medio de una red de tuberías, que descargarán a un tanque de regulación de avenidas y a un pozo de absorción, tanque



en el que se construirá una obra de excedencias conectada directamente al sistema de drenaje municipal.

### 3.3 DATOS DE PROYECTO

Número huéspedes, habitación/día	2
Dotación, l/huésped/día	300 l/huésped/día
Número de habitaciones	287
Dotación, l/habitación/día	600 l/habitación/día
Número de trabajadores	50
Dotación, l/trabajador/día	100 l/trabajador/día
Número de empleados	15
Dotación, l/empleado/día	50 l/empleado/día
Consumo diario agua potable, m <sup>3</sup> /día:	177.95
Consumo diario de agua potable, m <sup>3</sup> (52.73%)	93.83
Descarga de aguas grises (80% agua potable), m <sup>3</sup> /día	75.06
Consumo diario de aguas grises, m <sup>3</sup> (47.27%)	84.12
Descarga de aguas negras (80% aguas grises), m <sup>3</sup> /día	67.30
Gasto medio diario, l/s (agua potable)	1.0860
Coeficiente de variación diaria	1.20
Gasto máximo diario, l/s	1.3032
Coeficiente de variación horaria	1.50
Gasto máximo horario, l/s	1.9548
Número de unidades mueble agua potable	1370
Gasto máximo instantáneo, l/s	16.04
Número de unidades mueble aguas grises	1,190
Gasto máximo instantáneo de aguas grises, l/s	14.38
Número de unidades mueble aguas negras	1,190
Gasto máximo instantáneo de aguas negras, l/s	14.38

Los datos de dotaciones fueron tomados de las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal vigente y que se publicó en la Gaceta Oficial del Gobierno del Distrito Federal el día 6 de octubre de 2004, una copia de la tabla de dotaciones se encuentra en el Anexo.



### 3.3.1 DETERMINACIÓN DE UNIDADES MUEBLE AGUA POTABLE

Para la determinación del gasto máximo instantáneo probable, el cálculo se basó en la acumulación de unidades mueble en función del diseño arquitectónico de los núcleos sanitarios, utilizando el Método de Hunter, considerándose las unidades mueble indicadas en la norma publicada en la Gaceta Oficial del Gobierno del Distrito Federal el día 27 de febrero de 1995 se anexa copia de las tablas 2.2.6.1 y 2.2.6.2 en el Anexo, para equivalencias de los muebles en unidades de gasto se utilizarán los valores que se muestran en las tablas 4, 5 y 6 unidades mueble de alimentación de agua potable fría, reuso y caliente respectivamente, para cada uno de los muebles sanitarios que se especifican en el proyecto arquitectónico, para así poder determinar los diámetros requeridos para la alimentación de cada uno de los muebles sanitarios.

Tabla 4. Unidades mueble de alimentación de agua potable fría

Mueble	Número	U M	U M A
Tarja	10	3	30
Regadera pública	8	4	32
Lavabo público	38	2	76
Regadera privada	287	2	574
Lavabo privado	580	1	580
Tina	24	3	72
Baño María	2	2	4
Fregadero	1	2	2

<b>Unidades mueble total</b>	<b>1,370</b>
<b>Gasto máximo instantáneo, l/s</b>	<b>16.04</b>

### 3.3.2 REDES DE ALIMENTACIÓN DE AGUA POTABLE FRÍA

De acuerdo con las unidades mueble de la sección anterior y considerando que el sistema de alimentación de agua potable a los muebles sanitarios, las redes se calcularán al 100% del gasto obtenido por cada mueble.



Las redes se calcularán con el gasto máximo instantáneo probable obtenido con el Método de Hunter.

Para el cálculo de las pérdidas de carga por fricción se utilizará la fórmula de Hazen Williams:

$$HF = \left\{ \frac{Q}{(d \times 0.03937)^{2.63} \times C \times 0.017744} \right\}^{1.852} \times L$$

Donde:

HF = Pérdida de carga por fricción, m

Q = Gasto de proyecto, l/s

C = Coeficiente de rugosidad del tubo

D = Diámetro del conducto, mm

L = Longitud del tramo considerado, m

Las pérdidas de carga obtenidas en cada red se reflejan en las tablas incluidas en el Apéndice.

### 3.3.3 CONSUMO DE AGUAS GRISES

El consumo de aguas grises se calculó de acuerdo a la demanda que requieren para funcionar correctamente los mingitorios y wc, como puede observarse en los datos de proyecto este volumen es de 84.12 m<sup>3</sup>/día, lo que representa el 47.27% del consumo diario de agua potable sin reuso. Reduciendo por consiguiente la demanda de agua potable.



### 3.3.4 DETERMINACIÓN DE UNIDADES MUEBLE DE AGUAS GRISES

Tabla 5. Unidades mueble de alimentación de aguas grises

Mueble	Número	Unidad Mueble	Unidad Mueble Total
Retrete de fluxómetro público	30	8	240
Retrete de tanque público	3	5	15
Retrete de tanque privado	293	3	879
Mingitorio de fluxómetro público	14	4	56

<b>Unidades mueble total</b>	<b>1,190</b>
<b>Gasto máximo instantáneo, l/s</b>	<b>14.38</b>

### 3.3.5 DETERMINACIÓN DE UNIDADES MUEBLE AGUA CALIENTE

Para la determinación del gasto máximo instantáneo probable, se utilizó el mismo criterio que con las redes de agua fría y de reuso, considerando las unidades mueble indicadas en la norma.

Tabla 6. Unidades mueble de alimentación de agua caliente

Mueble	Número	Unidad Mueble	Unidad Mueble Total
Tarja	10	2	20
Regadera pública	8	2	16
Lavabo público	38	3	38
Lavabo privado	580	3	580
Regadera privada	287	3	287
Tina	24	1	72
Fregadero	1	2	2

<b>Unidades mueble total</b>	<b>1,015</b>
<b>Gasto máximo instantáneo, l/s</b>	<b>13.22</b>

Las redes se calcularán con el gasto máximo instantáneo probable obtenido con el Método de Hunter, estas se calcularán utilizando el mismo procedimiento que para el agua fría y de reuso, las tablas se anexan en el Apéndice.



### 3.4 DRENAJE SANITARIO AGUAS GRISES Y AGUAS NEGRAS

Para el diseño de los diámetros de los desagües horizontales de aguas grises y aguas negras se utilizó el método de Hunter o de unidades mueble. En las tablas 11.2 y 11.3 de las Normas del Instituto Mexicano del Seguro Social (incluidas en el Anexo), nos indican el máximo número de unidades – mueble que pueden conectarse en las líneas principales. Una tubería de fierro fundido de 100 mm de diámetro con pendientes del 1% al 2% puede desalojar de 180 a 216 unidades mueble.

Como diámetro mínimo de desagüe de los muebles, se propuso un diámetro de 38 mm con tubería de cobre rígido tipo “M” Sanitario en desagües, para lavabos y tarjas, además este diámetro tiene la capacidad de desalojar hasta 15 unidades mueble con una pendiente del 2%.

Se consideraron tapas ciegas y/o taponos registro a una separación máxima de 10 m tapados con una tapa tipo Vallezi.

En la tabla 11.4 de las Normas del Instituto Mexicano del Seguro Social, se indican las longitudes máximas de ventilación, tomaremos como diámetro mínimo 50 mm y máximo de 100 mm de diámetro con tubería de PVC en ramales y terminación de esta en azotea con tubería de Cobre rígido Tipo “M”.

De la tabla de unidades mueble de alimentación de agua potable fría se obtuvieron los datos siguientes:

<b>Unidades mueble total</b>	<b>1,370</b>
<b>Gasto máximo instantáneo, l/s</b>	<b>16.04</b>



### 3.4.1 REVISIÓN DE BAJADA DE AGUAS GRISES EXISTENTES

Los diámetros de las bajadas de aguas grises se diseñaron con base a los gastos por unidad mueble de la zona en estudio.

Para la comprobación o revisión de las tuberías que captarán aguas grises en las diferentes habitaciones del Hotel, se realizará el análisis ó cálculo de la capacidad de las BAG de diámetro de 100 mm a tubo lleno, utilizando la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (1) \text{ Fórmula de Manning}$$

Donde:

V = Velocidad m/s

n = Coeficiente de rugosidad (0.013 para tubería de Fo.Fo.)

r = Radio hidráulico en m.

S = Pendiente Hidráulica (en BAG; S = 1.00)

Sustituyendo en la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{0.013} r^{2/3} \quad (1) = 76.92 r^{2/3}$$

“r” (radio hidráulico) por definición es igual a:

r= área / perímetro mojado

$$r = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{\pi d} \quad \therefore r = \frac{d}{4}$$



Sustituyendo en la fórmula ----- (1) y considerando una BAG de 100 mm• .

$$V = 76.92 \left[ \frac{d}{4N} \right]^{2/3} = 76.92 \left[ \frac{0.10}{4} \right]^{2/3}$$
$$V = 6.58 \text{ m/seg}$$

Con esta velocidad y con la fórmula de continuidad obtenemos el gasto.

$$Q = A V$$

$$Q = 0.00785 \text{ m}^2 * 6.58 \text{ m/s}$$

$$Q = 51.56 \text{ l/s}$$

Por lo tanto

<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Gasto (l/s)</b>
100	51.56
150	155.12

Por lo tanto los diámetros de tubería propuestas en el proyecto, tienen la capacidad de drenar los gastos de los diferentes núcleos sanitarios del Hotel, así mismo se consideró la eventualidad de algún objeto que pudiese provocar un taponamiento en la tubería.

Para el diseño de los diámetros de los desagües horizontales de aguas grises, se utilizó el método de Hunter o de unidades mueble.

Como diámetro mínimo de desagüe de los muebles, se propuso un diámetro de 38 mm con tubería de cobre rígido tipo "M" Sanitario en desagües, para lavabos y tarjas; este diámetro tiene la capacidad de desalojar hasta 15 unidades mueble con una pendiente del 2%.





Para el caso de las aguas grises, de la tabla 11.3; unidades mueble de alimentación de aguas grises se tiene:

<b>Unidades mueble total</b>	<b>1,190</b>
<b>Gasto máximo instantáneo, l/s</b>	<b>14.38</b>

### 3.4.2 REVISIÓN DE BAJADA DE AGUAS NEGRAS EXISTENTES

Los diámetros de las bajadas de aguas negras se diseñaron con base a los gastos por unidad mueble de la zona en estudio.

Para la comprobación o revisión de las tuberías que captarán aguas negras en las diferentes habitaciones del Hotel, se realizará el análisis ó cálculo de la capacidad de las BAN de diámetro de 100 mm a tubo lleno, utilizando la fórmula de Manning.

<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Gasto (l/s)</b>
100	51.56
150	155.12

Se toma el mismo criterio utilizado para las aguas grises.

## 3.5 INSTALACIÓN PLUVIAL

Las aguas pluviales generadas durante la operación del inmueble captadas en azoteas planas, terrazas y patios serán conducidas por un colector independiente hacia un pozo de visita del colector existente.

### 3.5.1 DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA

Para obtener el gasto pluvial de aportación del predio se emplea la fórmula del Método Racional Americano, recomendado por la CONAGUA, la cual consiste en:



$$Q = C * i * A / 3600$$

Donde:

Q = Gasto pluvial máximo en lps.

C = Coeficiente de escurrimiento

i = Intensidad de lluvia

A = Área de aportación

1\3600 = Factor de conversión de hr. a s

### 3.5.2 ÁREAS DE APORTACIÓN Y COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO

El Coeficiente de escurrimiento es obtenido de acuerdo al uso del suelo en el predio y en base a la tabla del Manual de Hidráulica Urbana de la CONAGUA de la siguiente forma:

La aportación de cada edificio al colector general de aguas pluviales se hace en veintidós partes, teniéndose en cada aportación las siguientes cantidades como se muestra en la tabla 3.5.1 que se encuentra en el anexo.

Para el cálculo de los diámetros de tubería, consideramos la precipitación máxima que se pueda presentar en la localidad, sabiendo que esta intensidad de lluvia tiene una duración aproximada de 10 minutos y que los colectores deberán tener la capacidad para poder evacuar el gasto máximo con el objeto de evitar posibles inundaciones dentro del predio. De esta forma, según datos estadísticos para la localidad, se tiene una precipitación máxima de:

$$i = 150.0 \text{ mm/hr}$$

### 3.5.3 CÁLCULO DEL GASTO DE AGUAS PLUVIALES

Aplicando la fórmula del Método Racional Americano:

$$Q \text{ máxima} = Q = C * i * A / 3600$$

Que es la aportación máxima de aguas pluviales al colector.



### 3.5.4 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL TUBO DE DESCARGA DE AGUAS PLUVIALES AL COLECTOR

Con este gasto y apoyados en las fórmulas de Continuidad y Manning se calcula el diámetro necesario para conducir las aguas pluviales.

Donde:

Q = Gasto de aguas pluviales en l/s

V = Velocidad del fluido en m/s

D = Diámetro del tubo en m

A = Área de la sección transversal del perímetro mojado del tubo en m<sup>2</sup>

R = Radio hidráulico en m

S = Pendiente en %

n = 0.013

Q = A\*V ; A = 3.1416 D<sup>2</sup> / 4 ; V = R<sup>2/3</sup> \* S<sup>1/2</sup> / n

Considerando un tubo de A.S. de los diámetros de cada bajada en mm y una pendiente de 1%.

Sustituyendo en la fórmula de Manning

$$V = \frac{1}{0.013} r^{2/3} \quad (1) = 76.92 r^{2/3}$$

r" (radio hidráulico) por definición es igual a:

$$r = \frac{\text{área}}{\text{perímetro mojado}} \quad r = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{\pi d} \quad \therefore r = \frac{d}{4}$$

Sustituyendo en la fórmula ----- (1) y considerando el diámetro de cada bajada.

$$V = 76.92 \left[ \frac{d}{4} \right]^{2/3}$$



Con la velocidad y el área a través de la fórmula de continuidad obtenemos el gasto de diseño. Como se puede observar en la tabla 7, el gasto calculado, es mayor al de diseño de cada bajada pluvial.

Tabla 7. Cálculos obtenidos para las bajadas de aguas pluviales

No. de bajada	Diámetros de BAN (mm)	Gasto calculado (l/s)	Gasto diseño (l/s)
1	250	9.57	59.46
2	150	7.36	15.23
3	200	7.36	32.79
4	250	5.52	59.46
5	300	89.82	96.57
6	250	62.31	59.46
7	150	11.31	15.23
8	200	12.00	32.79
9	150	14.47	15.23
10	150	12.00	15.23
11	150	12.00	15.23
12	150	14.47	15.23
13	150	12.00	15.23
14	150	12.00	15.23
15	150	12.00	15.23
16	150	12.00	15.23
17	150	12.00	15.23
18	250	9.57	59.46
19	150	7.36	15.23
20	200	7.36	32.79
21	200	5.52	32.79
22	300	83.76	96.57

Por lo tanto el tubo de todas las bajadas es el adecuado.



### 3.5.5 PROPUESTA PARA CAPTAR EL AGUA DE LLUVIA

Las aguas pluviales pueden ser aprovechadas para distintas actividades en las instalaciones del aeropuerto, como es el mantenimiento, el riego de áreas verdes, etc., inclusive para la recarga de acuíferos. Por la escasez del recurso y la problemática descrita en el capítulo 1, esta medida es altamente aplicable en este caso.

Del estudio: Captación de agua de lluvia para recargas de mantos acuíferos de María Victoria Sánchez Rodríguez se puede afirmar que desde años atrás se ha considerado captar el agua de lluvia, pero no ha sido de forma muy relevante. Los informes manejan que desde hace más de tres siglos se han utilizado sistemas para captar el agua de lluvia; en la antigüedad se usaba la recolección de agua de lluvia proveniente de techos y pisos, el agua que se lograba captar en estas áreas era almacenada en cisternas de diferentes tipos, para después utilizarla en algunas actividades.

En la actualidad se están realizando algunas acciones para poder aprovechar el agua de lluvia; en algunos países del mundo se están llevando a cabo algunos proyectos para captar el agua de lluvia, como ejemplo se puede mencionar que en Europa se ha implementado un sistema de drenaje especialmente para captar el agua de lluvia y poder aprovecharla y volver a utilizar el recurso; separando inteligentemente el agua residual del agua de lluvia, sin que sea necesario darle un tratamiento para su reuso, o por lo menos no sería tan costoso y esa agua se podría destinar para diversos fines. En Japón se han incorporado unas instalaciones de infiltración para la preservación del ciclo hidrológico urbano, lo cual reduce la escorrentía directa del temporal, acelerando las infiltraciones y al mismo tiempo aumentando la recarga freática, que a su vez mejorará el nivel de la corriente en los ríos. En el año del 2005 se plantearon algunos proyectos, en Xochimilco, al sur de la Ciudad; se están construyendo tres pozos de absorción y 17 estructuras de captación, estos pozos de absorción; además, evitan la saturación del drenaje e impide inundaciones mayores.



Las características de estos pozos de absorción son: su capacidad de almacenamiento de 35 mil litros, evita los encharcamientos en las vialidades, aprovechamiento del agua para que se infiltre en el subsuelo, recargando a los acuíferos, poniéndolos en equilibrio. Los pozos de absorción se construyen haciendo tres perforaciones entre 30 y 50 metros de profundidad. Aunque es en la delegación Iztapalapa ubicada al oriente de la Ciudad, en donde esta práctica es más utilizada actualmente se cuenta con cerca de 200 estructuras de este tipo. Otro sistema de captación es que en los jardines y áreas verdes se instalen canalillos que puedan captar los volúmenes de agua precipitada para poder usada para el riego de las mismas áreas.

Cuando no se cuenta con grandes extensiones de terreno para almacenar el agua de las precipitaciones y el acuífero se encuentra a cierta profundidad los pozos y sondeos, son los sistemas de recarga artificial de acuíferos utilizados con mayor éxito por su practicidad ya que no requieren grandes y complicadas tecnologías para su realización y siempre es posible optar por técnicas constructivas sencillas y de igual eficiencia. Los pozos de infiltración han dado excelentes resultados para recargar acuíferos además de dar una solución viable a los problemas de inundaciones; otra vertiente son los pozos de absorción que se utilizan con magnitudes mucho mayores, y que además cumplen con otra función que es la de evitar la intrusión salina.

En la Ciudad de México se ha intentado recargar el acuífero del Valle de México mediante la inyección de aguas residuales al subsuelo, para esto se construyeron algunos pozos de absorción en distintos puntos de la Ciudad, pero estos pozos fueron clausurados al comprobar que se podría contaminar el acuífero. Una manera ideal de recargar el acuífero sería con la propia agua de lluvia, pero debido a la constante urbanización esta es ya casi imposible.

El agua de las precipitaciones se puede inyectar al subsuelo mediante pozos de infiltración dispuestos dentro de los lugares donde no se puede dar la recarga del acuífero de manera natural. En el Distrito Federal, los hundimientos han provocado daños al sistema de drenaje y alcantarillado, esto propicia que en temporada de lluvias las calles se inunden y se pierda un gran volumen de agua por la contaminación. La Ciudad de México necesita



captar el mayor volumen de agua de las precipitaciones e inyectarlo al subsuelo para recargar su acuífero; esto se puede lograr implementando un sistema de pozos de infiltración que permitan inyectar el agua de la lluvia antes de que esta genere inundaciones y se pierda ya sea por evaporación o por correr hacia el drenaje y se contamine.

Los pozos de infiltración permiten captar el agua de los escurrimientos provocados por las lluvias en lugares donde las áreas permeables ya no existen, además de que se almacena el agua en el subsuelo; la ventaja de almacenarla así radica en que el costo por recarga del acuífero es cuantiosamente menor que el de vasos de almacenamiento a cielo abierto, funciona como un sistema natural de distribución con lo que se elimina la necesidad de canales y tuberías superficiales.



## 4.- FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

A través del análisis hecho en los capítulos anteriores y en este mismo, se demostrará que el presente proyecto es realizable, tanto técnica como económicamente y los beneficios que esto puede representar para la sociedad.

### 4.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA

La propuesta para implementación del sistema de reuso de aguas grises, dentro del hotel del Aeropuerto Internacional Benito Juárez, Terminal 2 perteneciente a la cadena hotelera NH que se encuentra localizado en la ciudad de México, Distrito Federal (fotografía 1), se basa en utilizar los volúmenes de agua gris que normalmente son vertidos al drenaje, en otros usos, como es: agua para inodoros (wc) y mingitorios. Por lo general, gran proporción del agua que se usa y luego se desaloja llega a los ríos, lagos o mares; habiéndose utilizado sólo una vez, es por eso, que se propone este sistema de reutilización de agua gris.

Esta propuesta demanda obviamente una inversión para realizarse, no obstante se deben considerar los beneficios de esta medida y sobre todo que es una alternativa de solución al problema de la escasez agua.

A través de un sistema de tuberías de recolección de aguas grises provenientes de lavabos, regaderas, tinas, etc. que van a un depósito de almacenamiento y red de distribución a presión constante por medio de un equipo hidroneumático, diseñamos redes paralelas a las de agua fría, caliente, de descargas, etc., para tal fin nos apoyaremos en los ductos de instalaciones proyectados para la opción tradicional, lo cual simplifica considerablemente nuestro propósito, todos estos criterios fueron tomados en cuenta para el desarrollo del capítulo anterior.





Fotografía 1. Terminal 2 del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México Benito Juárez

#### 4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Como se mencionó en el capítulo 3, el proyecto hidráulico y sanitario cuenta con 287 habitaciones, cocinas, salones, restaurante, locales comerciales, roperías, oficinas y núcleos de sanitarios públicos repartidos en 3 niveles (ver fotografía 2). Los muebles sanitarios, como son los inodoros de las habitaciones del hotel, se consideran de tanque bajo, para el suministro de agua fría y en sanitarios públicos los inodoros y mingitorios se consideran de fluxómetro, se recomienda utilizar muebles activados con equipos de sensor de presencia como se muestra en la fotografía 3.



Fotografía 2. Hotel de la nueva Terminal 2 de la ciudad de México Benito Juárez



Fotografía 3. Fluxómetro de sensor



El agua caliente de las regaderas y lavabos se generará en una caldera ubicada en el cuarto de maquinas. De acuerdo con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente, se utilizarán muebles de bajo consumo de agua y dispositivos economizadores en llaves y regaderas.

Los drenajes proyectados son un sistema de tipo separado, es decir que se conducirán las descargas de aguas negras y pluviales por diferentes conductos, descargando las aguas negras provenientes de cada una de las habitaciones en las preparaciones que se dejaron en el interior del hotel para su posterior descarga en la planta de tratamiento que se tendrá en él.

Para el diseño de los diámetros de los desagües horizontales de aguas negras, se utilizó el método de Hunter o de unidades mueble.

En las Normas del Instituto Mexicano del Seguro Social, nos indican el máximo número de unidades – mueble que pueden conectarse en las líneas principales. Una tubería de fierro fundido de 100 mm de diámetro con pendientes del 1% al 2% puede desalojar de 180 a 216 unidades mueble.

Se consideraron tapas ciegas y/o taponos registró a una separación máxima de 10 metros tapados con una tapa tipo vallezi. En las tablas de las Normas del Instituto Mexicano del Seguro Social, se indican las longitudes máximas de ventilación, tomaremos como diámetro mínimo 50 mm y máximo de 100 mm de diámetro con tubería de PVC en ramales y terminación de esta en azotea con tubería de cobre rígido tipo “M”.

Los diámetros de las Bajadas de Aguas Negras se diseñaron con base a los gastos por Unidad Mueble de la zona en estudio. Para la comprobación o revisión de las tuberías que captaran aguas negras en las diferentes habitaciones, del Hotel, se realizará el análisis ó cálculo de la capacidad de las BAN de diámetro de 100 mm a tubo lleno, utilizando la fórmula de Manning:



$$V = (n/1) R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (1) \quad \text{Fórmula de Manning}$$

Por lo tanto los diámetros de tubería propuestas en el proyecto, tienen la capacidad de drenar los gastos de los diferentes núcleos sanitarios del Hotel, además de haber considerado la eventualidad de algún objeto que pudiese provocar un taponamiento en la tubería.

## 4.2 FACTIBILIDAD SOCIAL

Para conseguir un uso eficiente del agua podemos actuar en los distintos equipos de consumo mejorando su rendimiento (grifería, inodoros, cisternas, lavadoras, lavavajillas, etc.), y también, sobre nuestros hábitos diarios ( ducharse en vez de bañarse, no fregar ni lavarse los dientes con el agua corriendo constantemente...). Pero aún se puede mejorar la eficacia del agua utilizada si alargamos su ciclo de vida en nuestro domicilio así como todos las zonas de servicio publico, es decir si la reutilizamos.

La reutilización de las aguas grises, que son aquellas que salen por los desagües de bañeras, lavabos, pilas de la cocina, lavavajillas o lavadoras, como se muestra en la fotografía 4, y que, con un tratamiento sencillo, pueden ser reutilizadas.

El uso más común es en las cisternas de los inodoros, que no requieren aguas de gran calidad, aunque también se emplean para el riego de zonas verdes o en la limpieza de exteriores.



Fotografía 4. Elementos y accesorios de agua potable donde se producen aguas grises

Reutilizando aguas grises para las cisternas se estarían ahorrando en aproximadamente 50 litros por persona y día que, para una familia media de 4 personas, supondría un ahorro de unos 200 l/día, es decir, entre un 24% y un 27% del consumo diario de la vivienda. Si este sistema se implanta en hoteles o instalaciones deportivas, estaríamos hablando de cifras aún más importantes, en torno al 30% de ahorro. O que como se muestra en el caso la presente investigación el ahorro puede llegar a ser de hasta e 47% aproximadamente.

#### 4.2.1 PROBLEMAS DE ESCASEZ DEL AGUA

En México el crecimiento económico no ha tomado en cuenta plenamente las señales de escasez del agua. La concentración de la población y la actividad económica han creado zonas de alta escasez como se muestra en la fotografía 5, no sólo en las regiones de baja precipitación pluvial sino también en zonas donde eso no se percibía como un problema al

comenzar el crecimiento urbano o el establecimiento de agricultura de riego. Tan sólo para ilustrar la situación extrema en la que se encuentra el agua subterránea, podemos mencionar que, según cálculos de la Comisión Nacional del Agua (CNA), 101 acuíferos de un total de 600 están sobre explotados.



Fotografía 5. Sobre población en la Ciudad de México

El crecimiento poblacional y económico ha ejercido mayor presión sobre las reservas de agua en México, al punto que el volumen demandado es mayor que el suministrado en algunas regiones del país, obligando al gobierno a decidir a quién dejar sin este recurso, lo que ocasiona problemas distributivos. La competencia por este recurso es ya causa de conflictos de diferente intensidad y escala, y se presenta no sólo entre usuarios de la misma comunidad sino entre distintas comunidades, municipios, estados e incluso en el ámbito transfronterizo.



En este contexto, hay por lo menos tres razones por las que el conocimiento y análisis de los conflictos relacionados con agua pueden ser un factor de decisión crítico para la política ambiental en México:

- En un intento por regular el uso del agua y de evitar los conflictos, el marco institucional ha ido cambiando, sin conseguir del todo una reforma acorde con el nivel del problema. El diseño de mecanismos de prevención y, en su caso, de mediación y resolución de conflictos, requieren de conocer a fondo la manera en la que surgen y se desarrollan.
- Algunos conflictos emergen como movimientos de rechazo contra una decisión pública. Cualquier propuesta de política que posea elementos típicamente impopulares (reducción de subsidios, creación de tarifas) tendrá mayor posibilidad de éxito si posee un análisis de factibilidad política que permita prever el grado de resistencia que podría encontrar la medida. El objetivo no es renunciar a instrumentar las políticas, sino anticipar la respuesta y diseñar los mecanismos de negociación pertinentes.
- El conflicto está asociado a un conjunto de causas que varían por región geográfica o por sector. En alguna zona el determinante de un movimiento puede ser un mal manejo administrativo en combinación con la movilización de grupos sociales organizados, mientras que en otro la sequía recurrente es el punto de interés. Así, es de utilidad sistematizar los problemas mediante una tipología del conflicto que clasifique las variables relevantes para cada sector (urbano o rural) y región (dividida por estados o por cuencas). La sistematización de los conflictos existentes y de las variables asociadas a cada caso, constituye una agenda de política pública preliminar y un primer diagnóstico del conflicto.

Cada uno de los puntos mencionados requiere de cierto tipo de información y de un método de interpretación pertinente. El segundo punto, necesita un análisis detallado de los actores que intervienen en cada caso, sus formas de interacción, sus recursos y formas de organización, entre otras variables, mientras que en el referente a la creación de una agenda de política; exige datos sobre el tipo de escasez de agua (falta de agua potable, agua de riego o de infraestructura, etc.) de cada situación conflictiva.



Con la intención de hacer una primera aproximación a la problemática aquí mencionada, presentamos los primeros resultados de una investigación sobre conflictos relacionados con el agua realizada con base en una sistematización de las notas existentes en prensa de circulación nacional desde 1990 al 2002. Por el tipo de fuente empleada, resulta variable la capacidad de la investigación para responder a cada requerimiento sobre la dinámica de los conflictos. En los apartados siguientes puntualizaremos las aportaciones de la investigación en los tres rubros que consideramos más pueden beneficiarse de este tipo de análisis: a) la construcción de un modelo de conflictividad por agua en México; b) un mapa de actores con su análisis correspondiente y c) una tipología del conflicto en México a partir de la cual se pueda elaborar una agenda de política pública que identifique no sólo los problemas públicos más urgentes y las zonas que muestran focos rojos, sino también el grupo de variables (sociales y biofísicas) asociadas a cada tipo de conflicto.

El estudio del conflicto en México puede generar insumos valiosos para investigadores y tomadores de decisiones de política ambiental: prevención de las causas, elaboración de estudios de factibilidad política y de esquemas que identifiquen las variables relevantes para cada situación. Con ese objetivo, se presentaron algunos resultados preliminares, todos ellos descriptivos, de la investigación que realizamos con base en las notas de prensa sobre conflictos por agua.

La sustentabilidad del manejo del agua en México implica que el consumo actual debe hacerse a una tasa que permita un volumen y calidad suficientes del recurso para las generaciones futuras. Tal patrón de consumo es posible sólo mediante un cambio sustancial en la forma en que se regula la demanda, pero las medidas necesarias para reformar la actual política de manejo enfrentan barreras institucionales y políticas. Los obstáculos podrán ser superados, entre otros medios, con análisis detallados de la situación del agua en México en sus dimensiones más relevantes, entre las que se incluyen las esferas económica, institucional, y política.

El agua ha sido tema de interés debido al papel vital que este recurso juega en la vida humana y su creciente escasez para abastecer los servicios requeridos. El ahorro de agua potable en el hogar es fundamental para economizarla en cualquier comunidad, sobre todo





en zonas donde el servicio o suministro público de agua suele ser costoso y algunas veces irregular.

En lugar de utilizar agua potable de consumo público, actualmente se están utilizando aguas residuales tratadas, con una calidad sanitaria y estética similar a la del agua de abastecimiento. Aparte de agotar todos los recursos tecnológicos al alcance para disminuir el uso de agua en el hogar y en las actividades comerciales e industriales, es necesario pensar en esquemas que permitan el buen uso del agua en las ciudades; es decir, reutilizar el agua, que de otra manera se convertiría en agua residual, tantas veces como sea posible mediante tratamientos adecuados. Con estos esquemas, que no son nuevos pero que hasta ahora han sido apenas incipientes, se podría utilizar agua de menor calidad en actividades que así lo permitan y con ello liberar la de alta calidad sólo para consumo humano u otros usos especializados.

Las aguas residuales, principalmente las domésticas se pueden subdividir en aguas negras (procedentes de los inodoros, con materia fecal) y aguas grises (procedentes de lavados en general como: cocinas, lavamanos, duchas, conteniendo detergentes, restos de alimentos, materia orgánica y otros contaminantes). Por lo tanto se propone implementar un sistema de reutilización de aguas residuales doméstica, en donde el agua generada de duchas, lavamanos y lava trastos sirvan para abastecer el tanque del inodoro y el agua generada de los inodoros sea empleada para un sistema de riego subterráneo en los jardines, todo lo anterior de forma controlada y segura.

El agua consumida por duchas, lavamanos, lava trastos y lavadoras es canalizada hasta el depósito de aguas grises, situado en el lugar idóneo de la casa. Cuando accionamos el dispositivo de descarga de los tanques de los inodoros y se descarga ésta, la bomba que lleva incorporada el depósito acumulador impulsa las aguas grises para volver a cargar los tanques de los inodoros.

Las aguas negras procedentes de inodoros son conducidas a una fosa séptica, para luego pasar a un sistema de riego subterráneo en el área de jardinería, con tuberías perforadas



que se entierran en el suelo a una determinada profundidad creando un riego por goteo constante.

Al momento de implementar este tipo de sistemas se debe de cumplir la forma de operación y mantenimiento presentados para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y a corto plazo no genere mayores problemas.

En resumidas cuentas el aprovechamiento de las aguas grises, con medidas sencillas pero eficientes como las aquí presentadas representan una alternativa real para enfrentar el problema de la escasez y sobreexplotación de este recurso.

### **4.3 FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

Este sistema, pretende tener una demanda alta, dentro del hotel (ver fotografía 6), servirá como una medida de mitigación para la conservación, aprovechamiento y optimización del recurso, ya que gran parte del agua potable que se utiliza en diferentes actividades podría ser reemplazada por aguas grises, sin tener consecuencias por su reuso.

El agua proveniente de las regaderas y de los lavabos de los baños se recolectará en una cisterna de concreto armado, con una capacidad de 200 m<sup>3</sup> que contará con una bomba sumergible, este tanque estará localizado en la parte baja a un lado de la planta de tratamiento y funcionará como cárcamo de bombeo que enviará el agua a un tanque de almacenamiento situado en la parte alta del hotel. La cisterna contará con una rejilla de filtración y un tanque automático de cloración con la finalidad de remover los sólidos presentes ayudando con esto a la limpieza de la tubería y la desinfección de las aguas grises.



Fotografía 6. Hotel de la Terminal 2 de la Ciudad de México

El agua bombeada desde la cisterna llegará al tanque de almacenamiento por medio de una tubería que estará debidamente señalizada, y de este tanque se distribuirá el agua a los inodoros, y una vez reusada esta agua pasará al sistema de drenaje de aguas residuales convencional.

En caso de faltante de agua gris, el tanque de almacenamiento, contará con una tubería de agua potable, y se tomará para utilizarse en los inodoros. En caso de excedente de aguas grises de igual manera se cuenta con una tubería u obra de demasías para desalojar el remanente, todas las tuberías estarán debidamente señalizadas.

Analizando la demanda del hotel, se tiene un consumo diario de agua potable de 177.95 m<sup>3</sup>/día.



Regaderas	55.76	m <sup>3</sup> /día	}	<b>83.64 = 47 %</b>
Lavabos	27.88	m <sup>3</sup> /día		
Inodoros	37.15	m <sup>3</sup> /día		
Riego	27.75	m <sup>3</sup> /día		
<u>Consumo</u>	<u>29.41</u>	<u>m<sup>3</sup>/día</u>		
Total	177.95	m <sup>3</sup> /día		

De los datos anteriores se obtiene de lavabos y regaderas 83.64 m<sup>3</sup> de agua por día que se utilizarán como aguas grises, que representa el 47% del consumo diario es decir que con reuso se estarían usando 94.31 m<sup>3</sup> diariamente.

Con estos datos y de acuerdo a lo que establece el artículo 194 del Código Financiero del Distrito Federal (Anexo) consultado en marzo del 2008, en donde se consignan las cuotas por consumo de agua, resulta que, para un consumo de 177.95 m<sup>3</sup> por día se consumirían 10,677 m<sup>3</sup> bimestralmente, la tarifa para este caso marca un pago de \$58,769.91 más un costo de \$43.99 por metro cúbico excedente (para este caso se cuenta como excedente a partir de los 1,500 m<sup>3</sup>) para un total de \$462,466.14. Con este mismo criterio para el caso del consumo con reuso nos da \$240,439.81 en el mismo periodo, lo que significa un ahorro económico de \$222,026.33 bimestral y de \$1,332,157.96 al año.

Como se puede observar, se tendría un ahorro del 47% por pago de servicio. El costo de las instalaciones hidrosanitarias del hotel es de \$20,678,542.12 a marzo del año 2008, donde la inversión con reuso de aguas grises sería adicionalmente \$8,101,808.07. Esto representa invertir 39% más para el proyecto con el sistema de reuso de aguas grises, de esta forma el ahorro en el consumo de agua permitiría pagar la inversión adicional en un lapso aproximado de 6.11 años.

Los resultados anteriores son calculados con base en gastos de diseño, que dependen de la ocupación hotelera, la época del año y funcionamiento adecuado de otros servicios del hotel.



## 5.- RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO

Es frecuente la falta de mantenimiento, especialmente en la parte de distribución, tanto en la industria, como en el uso residencial, particularmente si las instalaciones tienen cierta antigüedad, ya que antes las redes solían ir “ocultas” en las paredes o enterrada. Otras razones son por las que existe falta de mantenimiento son:

- Operaciones /procesos de mayor importancia,
- Falta de recursos financieros
- Inexistencia de programas de mantenimiento para la red hidráulica
- Bajo costo del insumo (especialmente si no hay tratamiento)
- Poco interés de la gerencia
- El departamento de mantenimiento no se nota hasta que algo falla...
- Es fácil toparse con situaciones de quejas “injustificadas”...
- El detectar una fuga no quiere decir que falta mantenimiento.

Algunas recomendaciones básicas son las siguientes:

- Conozca todos los puntos de vista
- La detección de problemas no es un proceso de asignación de culpas, ni de revanchas... es sólo un paso para la mejora del servicio...
- El cambio de actitud es una barrera difícil de superar y requiere paciencia, cuando algo dependa de esto no espere ni pronostique resultados inmediatos
- Analice la importancia del mantenimiento para los mandos superiores



Una gran parte de las recomendaciones en los sistemas de agua, son a causa de falta de acciones y programas de mantenimiento (30% a 50%), el rango varía pero en promedio estas intervenciones pueden representar hasta el 80% del ahorro de agua.

## PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL MANTENIMIENTO

### FUGAS VISIBLES Y NO VISIBLES:

Las fugas pueden llegar a representar hasta el 30% del consumo residencial y el 15% del consumo industrial como se muestra en las figuras 5 y 6.

Figura 5. Fugas no visibles

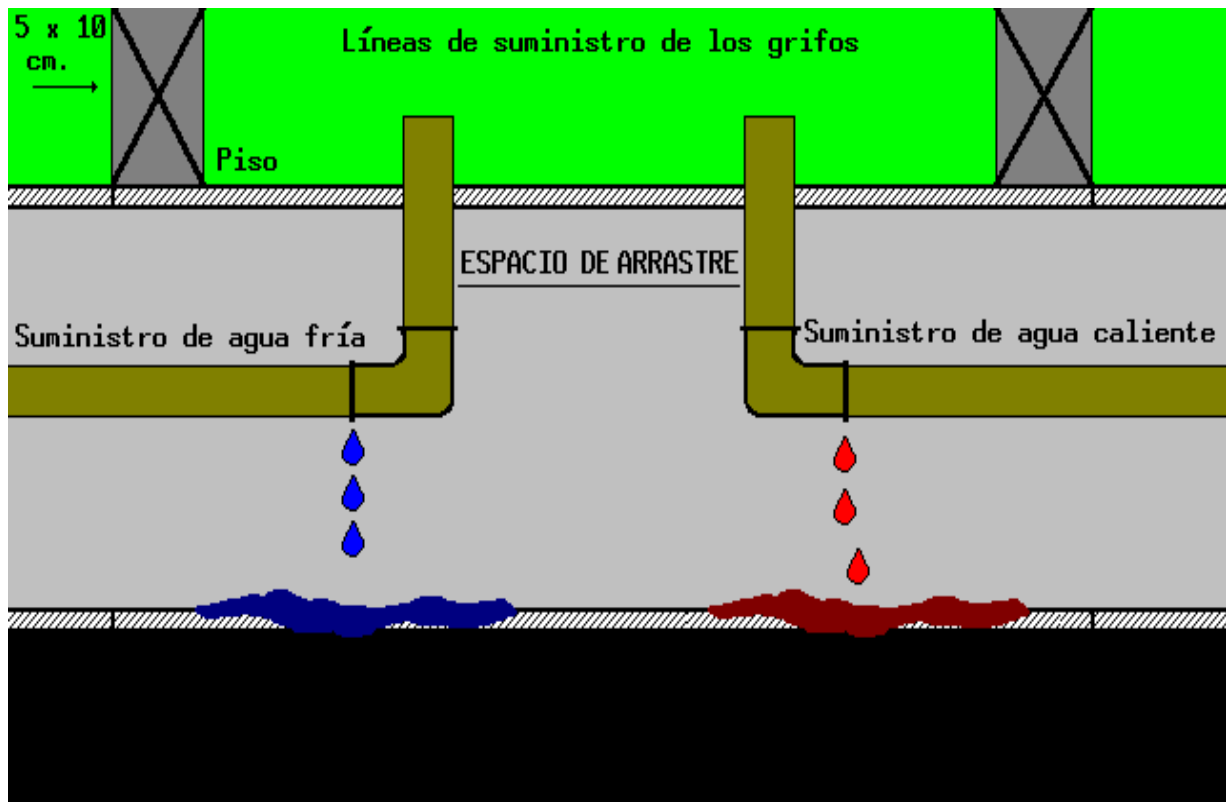
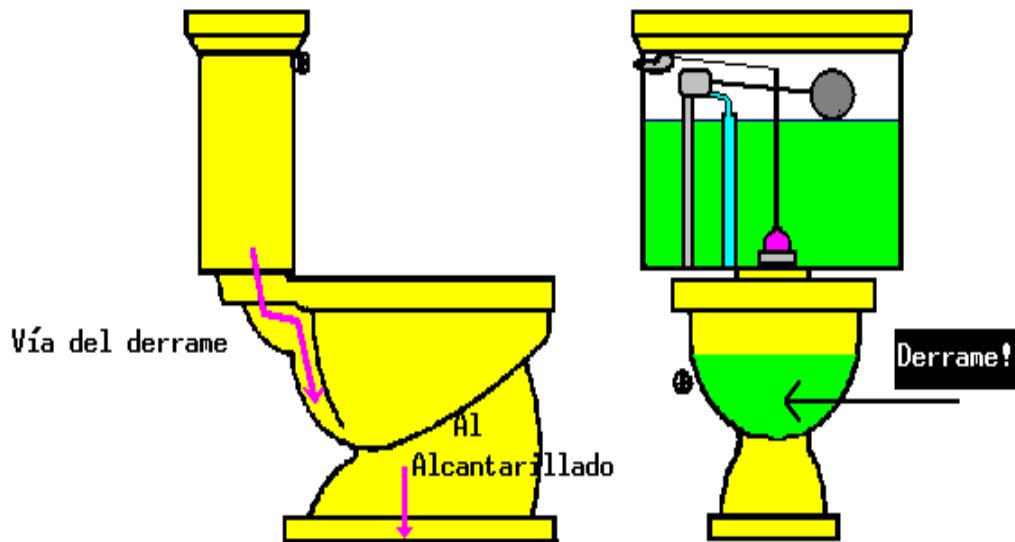




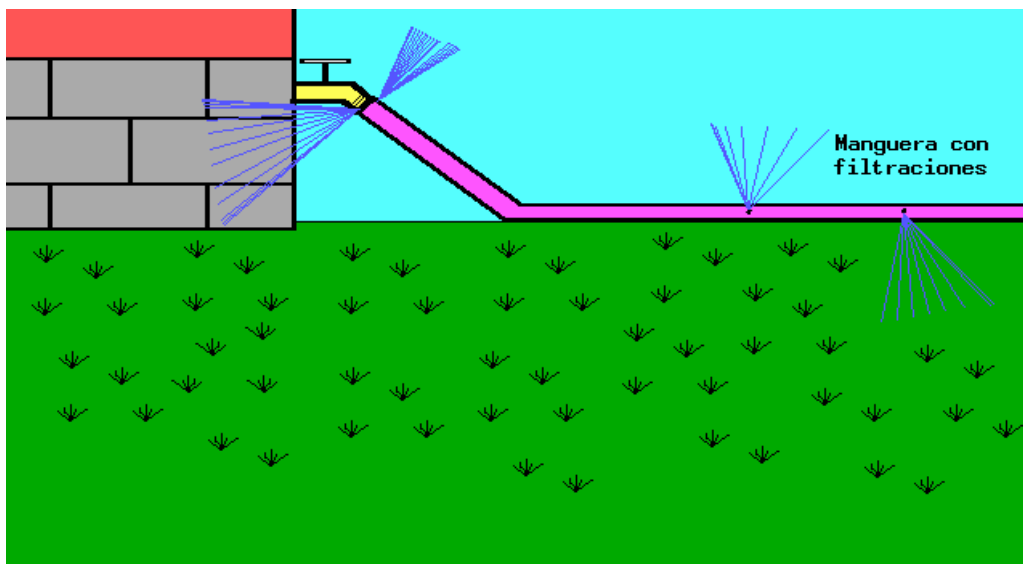
Figura 6. Fugas visibles



## DERRAMES:

La falla en los sistemas de cierre y de control de nivel es frecuente, y no es raro que se prefiera un cierre manual a reparar el automático, ver figura 7.

Figura 7. Derrames





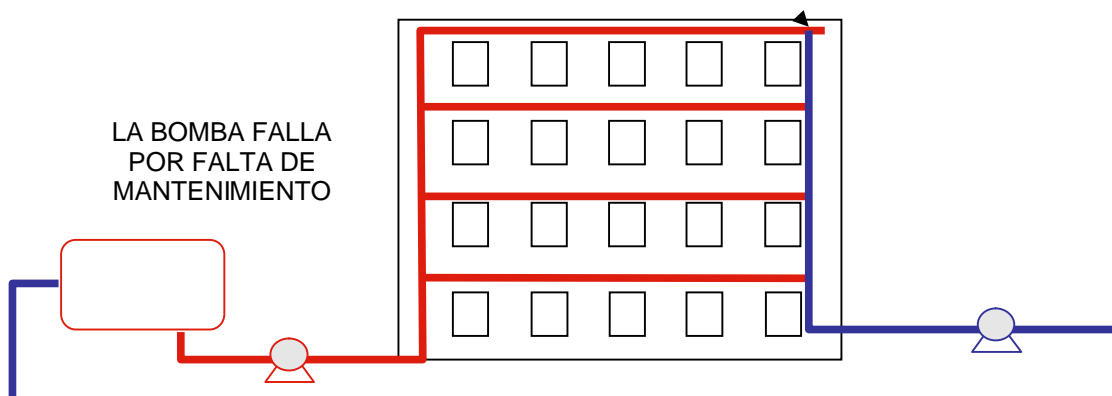
## FALLAS EN EL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA CALIENTE O DE CONDENSADOS:

Un sistema de recirculación asegura que toda la gente tenga agua caliente todo el tiempo. En un inmueble la persona más cercana al calentador contará con agua caliente de manera instantánea, pero los que están ubicados en el punto más alejado tendrán que esperar mucho tiempo por que el agua en los tubos esta enfriándose y habrá de pasar tiempo para que el agua caliente fluya hasta allí.

En general es deseable que el tiempo de llegada de agua caliente a la llave del artefacto sea lo más corto posible, la recirculación de agua caliente es una manera eficiente de acortar el tiempo de espera.

No es raro que no se active una bomba, o que una vez que se descompone no se repare, frecuentemente se desconoce su falla hasta tiempo después más si se cuenta con varios equipos de bombeo para el sistema de recirculación como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Fallas en sistemas de recirculación







## LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO EN TANQUES Y ALMACENAMIENTOS:

§ No se realiza la limpieza periódica en los almacenamientos, especialmente en los residenciales y las tapas dañadas o en mal estado provocan afectaciones a la calidad del agua.

§ Dependiendo del material, uso y del fabricante, es recomendable dar limpieza cotidiana a estos dispositivos y cuando menos una cada seis meses lavarlos por completo.

A continuación se propone unas recomendaciones sencillas para hacerlo:

Equipo básico:

1. Cubeta, bandeja;
2. Cepillo y escoba;
3. Franela;
4. Recogedor (limpio);
5. Guantes de hule;
6. Mascarilla o cubre boca;
7. Botas de hule;
8. Linterna o reflector de pilas;
9. Cloro comercial \*;
10. Escalera si es necesario.

\* 1,000 litros equivale a una tapa de cloro. Ejemplo:

Depósito	Capacidad en litros	Medida
tinaco	de 750 a 1,100	1 tapa
	2,000	2 tapas
cisterna	5,000	5 tapas
	10,000	10 tapas

Notas:

- El material a utilizar debe estar perfectamente limpio para evitar contaminar.



- No utilizar detergentes ni jabones, es recomendable también que el personal del departamento de mantenimiento cuente con el equipo básico sugerido.
- El lavado debe ser rápido de tal manera de que no se inhale el cloro (máximo 5 minutos).
- No utilizar equipo eléctrico, checar que esté apagada la bomba (para el caso de los sistemas a presión).
- Estos trabajos deben de realizarse en el día y por lo menos 3 personas adultas.

#### Limpieza:

- Vaciar el tinaco o cisterna cerrando la llave de paso, si no cuentas con llave de paso amarra el flotador.
- Utilizar los implementos de seguridad para evitar riesgos.
- Retirar la arena y la basura que encuentres con el recogedor, si persiste la arena, barre con un poco de agua.
- Limpiar con la franela los residuos de arena y agua que quedaron.
- Depositar la medida del cloro en una cubeta según las dimensiones de tu tinaco o cisterna y deja reposar de 15 a 20 minutos.
- Cepillar con la solución de la cubeta las paredes, tapa y piso.
- La solución con cloro se deja en las áreas cepilladas, al llenar el tinaco o cisterna el cloro se mezclará con el agua teniendo una buena desinfección.
- Abrir la llave de paso o liberar el flotador para llenar el tinaco o cisterna.

### **AFECTACIONES A LOS EQUIPOS DE EXTRACCIÓN DOMÉSTICOS:**

- § La falta de limpieza de llaves y regaderas, puede ocasionar que un equipo convencional se comporte como un equipo eficiente (tapado), pero a la larga puede ocasionar su ruptura u obstrucción definitiva.



## **LIMPIEZA EN INSTALACIONES ESPECIALES FUENTES Y ALBERCAS:**

§ La falta de limpieza de en fuentes y albercas, ocasiona el mayor consumo de agua y químicos para tratamiento.

Es mejor asignar los recursos adecuados al mantenimiento de los equipos, que estarlos reponiendo periódicamente, ya que esto traerá los siguientes beneficios:

- Conservación de agua
- Mantenimiento de la calidad del agua
- Servicio adecuado a los usuarios
- Evitar molestias por cambios inesperados
- Evitar paros no programados
- Conservación de la energía
- Optimización de insumos de tratamiento
- Ahorros económicos

## **MANTENIMIENTO A INSTALACIONES HIDROSANITARIAS**

Mantenimiento preventivo en instalaciones hidrosanitarias.- conjunto de trabajos que se ejecutan para verificar que las instalaciones se encuentren en óptimas condiciones de operación, y en la disponibilidad de poder ser utilizada en cualquier momento:

### **1) PREVENTIVO, TRABAJOS A DESARROLLAR:**

- a) Integración de expediente y formato de inspección visual de todo el sistema (identificación de redes: hidráulica (válvulas y tuberías), sanitaria y pluvial)
- b) Verificación del funcionamiento de accesorios (válvulas y tuberías) de alimentación



- c) Reporte del estado de conservación de las cisternas de almacenamiento y accesorios (válvulas y flotador)
- d) Revisión de tuberías, conexión, accesorios y válvulas (fugas y condiciones de preservación)
- e) Revisión de muebles sanitarios (fugas y fijación)
- f) Revisión del nivel de agua requerido
- g) Revisión de la presión en el sistema
- h) Revisión de desagüe pluvial
- i) Lavado y desinfección de cisternas

**2) MANTENIMIENTO CORRECTIVO.-** Conjunto de actividades necesarias para corregir las fallas que ponen en riesgo la operación de las instalaciones hidrosanitarias, pluviales:

- a) Reparación o sustitución de válvulas y flotadores de cisternas
- b) Eliminación de fugas en muebles sanitarios y accesorios (válvulas y tuberías)
- c) Reparación de fluxómetros (pedal y palanca)
- d) Reparación de llaves normales y/o economizadoras
- e) Reparación de tuberías, piezas especiales, llaves y válvulas
- f) Reparación de lavabos, ovalines, mingitorios e inodoros
- g) Sustitución de lavabos, ovalines, mingitorios, inodoros llaves economizadoras, fluxómetros, cespól y accesorios
- h) Limpieza de colectores sanitarios (dezasolve), rejillas, bajadas pluviales, etc.
- i) Instalaciones nuevas de inodoros lavabos, ovalines, mingitorios, fluxómetros, llaves economizadoras válvulas, tubería de cobre, galvanizado y fiero colado (fo.fo.)
- j) Sustitución de accesorios en general

Cuando llegamos a ese momento, hay que recurrir al distribuidor de su unidad, analizar los resultados y tomar la acción correctiva adecuada. A continuación observamos en la tabla 6, posibles soluciones a problemas en el sistema hidráulico.



Tabla 6. Causas y soluciones a problemas en el sistema hidráulico a presión

<b>INDICADORES</b>	<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<b>OPCIONES</b>
Pérdidas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Culata de cilindro rota o dañada</li><li>• Presión del sistema demasiado alta</li><li>• Vástago doblado o rayado</li><li>• Juntas dañadas o inadecuadas</li><li>• Sellado defectuoso de la manguera y el acoplamiento</li><li>• Conexión de la manguera mal apretada</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección /reparación del componente</li></ul>
Desviación excesiva	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hay que ajustar la válvula</li><li>• Cilindro rayado</li><li>• Juntas dañadas</li><li>• Válvula rayada</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección /reparación del componente</li></ul>
Funcionamiento ruidoso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Enfriador de aceite averiado</li><li>• Nivel de aceite bajo</li><li>• Filtro obstruido</li><li>• Bomba o motor desgastado</li><li>• Válvula de seguridad averiada</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Llene el depósito hasta el nivel máximo</li><li>• Inspección /reparación del componente</li></ul>
Calentamiento excesivo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Enfriador de aceite averiado</li><li>• Nivel de aceite bajo</li><li>• Filtro obstruido</li><li>• Bomba o motor desgastado</li><li>• Válvula de seguridad averiada</li><li>• Aceite de viscosidad inadecuada</li><li>• Sistema obstruido</li><li>• Malos hábitos del operador</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Llene el depósito hasta el nivel máximo</li><li>• Inspección /reparación del componente</li></ul>



Juntas de cilindro sueltas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cilindro o vástago desgastado</li><li>• Bomba o motor desgastado</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección /reparación del componente</li></ul>
Ciclos lentos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vástagos de los cilindros dañados</li><li>• Válvula averiada</li><li>• Nivel de aceite bajo</li><li>• Bomba o motor desgastado</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección /reparación del componente</li></ul>
Rozamiento o abrasión de la manguera	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pérdidas por los orificios de desagüe en el material de revestimiento</li><li>• Alineación y fijación de la manguera deficientes</li><li>• Daño de origen externo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección /reparación del componente</li></ul>
Movimiento excesivo de la manguera	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alineación y fijación de la manguera deficientes</li><li>• Aeración o cavitación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección /reparación del componente</li></ul>
Resultados del análisis	<ul style="list-style-type: none"><li>• Detección de altos niveles de desgaste en la muestra de aceite</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección</li></ul>
Muchas horas de servicio	<ul style="list-style-type: none"><li>• El sistema lleva muchas horas de servicio sin problemas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección</li></ul>
Inspección diaria o cada 10 horas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Compruebe el nivel de fluido hidráulico.</li><li>• Compruebe que no hay pérdidas en las bombas y cilindros hidráulicos.</li><li>• Compruebe el estado o posibles pérdidas en las mangueras y líneas hidráulicas y en la zona del depósito hidráulico.</li></ul>	
Inspección mensual o cada 250 horas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realice las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10 horas.</li><li>• Compruebe que el estado del enfriador de aceite hidráulico no tiene pérdidas o está obstruido.</li><li>• Compruebe el estado de las conexiones en todas las líneas hidráulicas.</li></ul>	



Inspección trimestral o cada 500 horas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realice las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10 y las 250 horas.</li><li>• Cambie el filtro hidráulico.</li><li>• Compruebe que los tornillos de los soportes y bombas hidráulicas no están flojos o se han perdido.</li></ul>
Inspección semestral o cada 1000 horas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realice las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10, 250 y las 500 horas.</li><li>• Compruebe la presión del sistema hidráulico.</li><li>• Compruebe los tiempos de ciclo e índices de desviación del sistema hidráulico.</li><li>• Compruebe que los orificios de desagüe de la bomba no tienen pérdidas.</li></ul>
Inspección anual o cada 2000 horas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realice las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 10, 250, 500 y las 1000 horas.</li><li>• Cambie el aceite hidráulico y lave las rejillas de la boca de llenado.</li></ul>



## 6.- CONCLUSIONES

Los datos y conclusiones arrojados en los distintos foros nacionales e internacionales en la materia; como el foro internacional del agua son contundentes y coinciden en la dificultad (cada vez mayor) de obtener este preciado líquido en condiciones de calidad adecuada para satisfacer las necesidades de las personas en todo el mundo, es por eso, que las alternativas para maximizar el aprovechamiento de este recurso y la reutilización del mismo debe ser ahora una actitud cotidiana en todas las sociedades y en todas las actividades de estas.

Después de este análisis es fácil demostrar los resultados que se obtendrían si esta propuesta se implementara a nivel nacional, tomando en cuenta la cantidad de hoteles plazas comerciales, espacios públicos, etc. que existen en México. Además que se impulsaría el desarrollo de nuevas tecnologías y se mejoraría la condición de vida al tener un eficiente manejo del agua. Se debe tener conciencia de que este, es un recurso que requiere una gestión, corresponsabilidad de usuarios y administración adecuada. La solución consiste en el uso adecuado que se le dé al agua; reutilizando cada vez más, por medio de sistemas de reuso de aguas grises.

En este proyecto se define a nivel general, la problemática relacionada con la disponibilidad de agua potable, planteándose como principal alternativa para la recuperación y ahorro de este recurso, el tratamiento y reúso del mismo. Es importante remarcar que debe ser una de las principales obligaciones del Estado el tratamiento de los recursos naturales como el agua, acompañado claro de la creación de una cultura en el seno de la sociedad civil orientada al correcto uso, aprovechamiento y reutilización de este bien, asimismo, la aplicación estricta de la legislación en la materia tanto para uso domestico como industrial agrícola y de servicios.

En México existen 1,300 plantas para tratamiento de aguas residuales en operación, las cuales tienen una capacidad superior a 1.5 lps. Esta infraestructura es insuficiente ya que solamente trata alrededor del 31.5% del agua residual generada en el país. El principal uso que se le da a este tipo de agua es riego de áreas verdes y en actividades agrícolas.





No hay que pasar por alto que en el Distrito Federal el artículo 35 de la Ley de Aguas establece la obligatoriedad del uso de agua residual tratada para actividades como riego, lavado de autos y en procesos productivos, entre otros. La calidad de este recurso está definida en la NOM-003-SEMARNAT-1997.

No obstante, es indispensable promover el reuso de agua en México, para lo cual se requiere de un marco legal que promueva y apoye el mayor consumo de este tipo de agua. Asimismo, es necesaria una mayor congruencia en el precio del servicio de agua potable. Por otro lado, es conveniente favorecer con incentivos fiscales a usuarios que utilicen agua tratada y con financiamientos blandos para usuarios y concesionarios, con el fin de realizar adaptaciones y otras obras que permitan ahorrar y conservar el agua en Ciudad de México.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha clasificado al Valle de México como una zona con grado de presión fuerte sobre el recurso hídrico, considerando que la Organización Mundial de las Naciones Unidas da esta clasificación a las zonas en las que se utiliza más del 40% de la disponibilidad media.

En esta investigación establecemos que mientras mayor sea la relación del precio de agua de primer uso con respecto al precio de venta de agua residual tratada, habrá más usuarios dispuestos a recurrir al agua residual tratada para sustituir su demanda de agua de primer uso.

Con base en esta información, el consumo de agua tratada, es una opción sumamente atractiva para usuarios que no requieren de agua con calidad potable.

El uso racional del agua constituye un derecho y una obligación de todas las sociedades.

Por otra parte, el reuso de agua enfrenta dos grandes obstáculos:

- El precio del agua de reuso contra el precio del agua potable.



- La percepción equivocada pero real de parte de la sociedad que rechaza el utilizar agua recuperada.

Para poder comparar objetivamente el precio del agua de reuso contra el del agua potable, es necesario determinar responsablemente el costo real de la captación, conducción potabilización, distribución, medición administración y cobranza del agua potable; así como la recepción conducción tratamiento y disposición del agua residual producida. Con este resultado, deberán actualizarse las tarifas de agua a costos reales.

Así se podrá elaborar un estudio de factibilidad que muestre el punto de equilibrio del proyecto propuesto para determinar la conveniencia económica del reuso de agua residual.

La percepción de que el agua de reuso no es de calidad aceptable o insalubre debe ser cambiada por medio de las siguientes acciones:

- a) Una campaña permanente de orientación y educación de la sociedad, donde se muestre claramente la necesidad y beneficios de la reutilización del agua residual.
- b) Tratamiento de aguas con tecnologías eficientes y probadas, que permita presentar resultados contundentes y confiables ante la opinión pública.
- c) Programas de aseguramiento de calidad que den certeza a los procedimientos seguidos.
- d) Estudios y modelos piloto que atestigüen que los resultados esperados se harán realidad.
- e) Implementar leyes con reglamentos claros y sencillos para las descargas residuales, así como un programa de inspección, control, sanciones e incentivos; considerando además los presupuestos adecuados para su correcta aplicación.



Debemos estar preparados para aceptar esto y considerar que cada día será necesario reutilizar una mayor cantidad de aguas residuales usando nuevas y variadas tecnologías, por necesidad y normatividad.

Es necesario insistir en la responsabilidad que tiene que asumirse para esta problemática, no sólo la que corresponde a las autoridades, al definir y aplicar políticas claras y exigentes para la administración, uso y reuso del recurso. No obstante este esfuerzo tendrá que estar acompañado de la creación de una cultura popular orientada a cuidar el agua.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio Mijares, Francisco Javier, *Fundamentos de hidrología de superficie*, Limusa 2005.
- Becerra Pérez, Mariana, *Los conflictos del agua en México, diagnóstico y análisis*.
- Cuarto foro mundial del agua, *acciones locales para un reto global*, México marzo del 2006.
- Jiménez Cisneros, Blanca, *Calidad, Normatividad y Reuso del Agua en México*, enero del 2007.
- Arrequín Cortés Felipe, *El reuso del agua en México*, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- INEGI, *Estadísticas a propósito del día mundial del agua, datos nacionales*, 22 de marzo del 2006.
- Ortiz Rendón, g, et al, *La política hidráulica mexicana, apoyada en su legislación e instituciones, avances y retrocesos*, XI congreso nacional de irrigación, Guanajuato, Guanajuato, septiembre de 2001.
- Álvarez Icaza Longoria, *La disponibilidad del agua como un derecho humano*,
- CONAGUA, *Reglamento interior de la Comisión Nacional del Agua*, segob-diario oficial de federación, México, 2006.
- CONAPO, *Índices de marginación 2005*, CONAPO, México, 2006.
- Fondo monetario internacional, *World Economic Outlook*, Estados Unidos de América, fondo monetario internacional, 2007.
- INEGI, *Anuario de estadísticas por entidad federativa, edición 2007*, INEGI, México, 2007.
- INEGI, *Censos económicos 2004*, INEGI, México, 2005.
- INEGI, *II Censo de población y vivienda 2005*, INEGI. información publicada en varios formatos.
- INEGI, *Marco geoestadístico municipal*, INEGI, México, 2005.
- Sedesol, INEGI y CONAPO, *Delimitación de las zonas metropolitanas de México*, Sedesol, INEGI y CONAPO, México, 2004.
- Ley de Aguas Nacionales; publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992.
- Ley de Aguas del Distrito Federal; publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 27 de mayo de 2003.
- Memoria descriptiva y de cálculo de la instalación hidráulica y sanitaria del aeropuerto internacional de la Ciudad de México, nueva Terminal 2, hotel NH.



- Tesis, Sistema de reuso de aguas grises, Bertha Alicia Arizpe Cepeda, Cetic 131 Reynosa, Tamaulipas.
- Estadísticas del agua en México, edición 2007, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, CONAGUA.
- [www.gestionypolitica.cide.edu/num\\_anteriores/vol.xv\\_no1\\_1ersem/04becerra.pdf](http://www.gestionypolitica.cide.edu/num_anteriores/vol.xv_no1_1ersem/04becerra.pdf) (consultada entre agosto y diciembre de 2007).
- [www.aneas.com.mx/contenido/concepto.pdf](http://www.aneas.com.mx/contenido/concepto.pdf) (consultada entre agosto y diciembre de 2007).
- <http://cnd.org.mx/memorias/ponencias/463.pdf> (consultada entre agosto y diciembre de 2007).
- [www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal42/reuso.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal42/reuso.pdf) (consultada entre agosto y diciembre de 2007).
- [www.cna.gob.mx/.../html\\_gas/pdf\\_ducs/zonametropolitanadelacddemexico.pdf](http://www.cna.gob.mx/.../html_gas/pdf_ducs/zonametropolitanadelacddemexico.pdf) (consultada entre agosto y diciembre de 2007).
- [www.waterheatherrescue.com/pages/espa%C3%B1ol/Laspaginas/EIGlosario/pompa-recirculaci%C3%B3n.html](http://www.waterheatherrescue.com/pages/espa%C3%B1ol/Laspaginas/EIGlosario/pompa-recirculaci%C3%B3n.html) (consultada entre diciembre 2007 y enero de 2008).
- [www.apasmetepec.gob.mx/04/02/04.html](http://www.apasmetepec.gob.mx/04/02/04.html) (consultada entre diciembre 2007 y enero de 2008).



## TABLAS DE CÁLCULO PARA REDES DE AGUA FRÍA (AGUA POTABLE Y AGUAS GRISES)

Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas grises)											
Red de agua fría No 1 (aguas grises)											
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
1-2	19	6	6	0,32	3,8	4,5	8,3	0,77	0,77	1,13	140
2-3	25	6	12	0,57	1,2	2,08	3,28	0,23	1,00	1,16	140
3-4	25	6	18	0,82	0,8	2,47	3,27	0,45	1,45	1,67	140
4-5	38	18	36	1,45	9,3	3,25	12,55	0,65	2,10	1,28	140
5-6	50	18	54	1,89	9,5	3,25	12,75	0,28	2,39	0,96	140
6-7	50	18	72	2,315	9,5	4,16	13,66	0,44	2,83	1,18	140
7-8	50	18	90	2,59	9,5	4,16	13,66	0,54	3,37	1,32	140
8-9	50	18	108	2,85	9,5	4,16	13,66	0,65	4,03	1,45	140
9-10	64	18	126	3,14	9,5	4,87	14,37	0,25	4,27	0,98	140
10-11	64	18	144	3,39	116	25,13	141,13	2,78	7,06	1,05	140
	Hf Total=	7,06	metros								



Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas grises)

Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas grises)											
Red de agua fría No 2 (aguas grises)											
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
1-2	19	6	6	0,32	3,8	4,5	8,3	0,77	0,77	1,13	140
2-3	25	6	12	0,57	1,2	2,08	3,28	0,23	1,00	1,16	140
3-4	25	6	18	0,82	9	4,18	13,18	1,83	2,83	1,67	140
4-5	38	15	33	1,355	8,5	3,25	11,75	0,54	3,36	1,19	140
5-6	50	18	51	1,83	9,7	3,25	12,95	0,27	3,64	0,93	140
6-7	38	15	66	2,21	2,9	4,16	7,06	0,80	4,44	1,95	140
7-8	50	18	84	2,47	8,3	4,16	12,46	0,46	4,89	1,26	140
8-9	50	18	102	2,75	14,9	4,16	19,06	0,85	5,74	1,40	140
10-11	19	6	6	0,32	1,2	4,5	5,7	0,53	0,53	1,13	140
11-12	25	6	12	0,57	9	2,08	11,08	0,78	1,31	1,16	140
12-13	32	12	24	1,07	8,4	2,47	10,87	0,74	2,05	1,33	140
13-14	38	12	36	1,45	12,9	3,25	16,15	0,84	2,89	1,28	140
14-15	38	6	42	1,58	2,8	3,25	6,05	0,37	3,26	1,39	140
15-16	38	6	48	1,74	1,2	3,25	4,45	0,32	3,58	1,53	140
16-17	50	6	54	1,89	8,3	3,25	11,55	0,26	3,84	0,96	140
17-9	50	42	96	2,67	12,7	4,88	17,58	0,74	4,58	1,36	140
9-18	50	0	96	2,67	65	23,62	88,62	3,74	8,32	1,36	140
	Hf Total=	14,06	metros								



Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas grises)

Red de agua fría No 3 (aguas grises)											
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
1-2	19	6	6	0,32	3,8	4,5	8,3	0,77	0,77	1,13	140
2-3	25	6	12	0,57	1,2	2,08	3,28	0,23	1,00	1,16	140
3-4	25	6	18	0,82	0,8	2,47	3,27	0,45	1,45	1,67	140
4-5	38	18	36	1,45	9	3,25	12,25	0,64	2,09	1,28	140
5-6	50	18	54	1,89	9,5	3,25	12,75	0,28	2,37	0,96	140
6-7	50	24	78	2,4	9,5	4,16	13,66	0,47	2,84	1,22	140
7-8	50	18	96	2,66	9,5	4,16	13,66	0,57	3,42	1,35	140
8-9	50	18	114	2,95	9,5	4,16	13,66	0,69	4,11	1,50	140
9-10	50	18	132	3,24	9,5	4,16	13,66	0,82	4,94	1,65	140
10-11	64	18	150	3,45	10,1	4,16	14,26	0,29	5,23	1,07	140
11-12	64	0	150	3,5	67	4,88	71,88	1,50	6,73	1,09	140
	Hf Total=	6,73	metros								





Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas grises)

Red de agua fría No 4 (aguas grises)											
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
1-2	25	6	6	0,32	3,8	6,5	10,3	0,25	0,25	0,65	140
2-3	25	6	12	0,57	1,2	2,08	3,28	0,23	0,48	1,16	140
3-4	25	6	18	0,82	1,5	2,47	3,97	0,55	1,03	1,67	140
4-5	38	18	36	1,45	10,1	3,25	13,35	0,69	1,73	1,28	140
5-6	50	18	54	1,89	9,5	3,25	12,75	0,28	2,01	0,96	140
6-7	50	18	72	2,315	9,5	4,16	13,66	0,44	2,45	1,18	140
7-8	50	18	90	2,59	9,5	4,16	13,66	0,54	3,00	1,32	140
8-9	50	18	108	2,85	9,5	4,16	13,66	0,65	3,65	1,45	140
9-10	50	18	126	3,14	9,5	4,16	13,66	0,78	4,43	1,60	140
10-11	64	18	144	3,39	2,6	4,88	7,48	0,15	4,57	1,05	140
11-12	64	6	150	3,46	105,5	4,88	110,38	2,26	6,84	1,08	140
	Hf Total=	6,84	metros								



Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas grises)

Red de agua fría No 5 (aguas grises)											
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
1-2	19	3	3	0,32	3,8	4,5	8,3	0,77	0,77	1,13	140
2-3	19	3	6	0,57	1,2	1,63	2,83	0,76	1,53	2,01	140
3-4	32	3	9	0,82	10,7	1,63	12,33	0,51	2,04	1,02	140
4-5	38	18	27	1,19	7,9	3,25	11,15	0,40	2,44	1,05	140
5-6	38	18	45	1,69	4,8	3,25	8,05	0,55	3,00	1,49	140
6-7	50	9	54	1,89	12,4	3,25	15,65	0,35	3,35	0,96	140
7-8	50	18	72	2,315	8,5	4,16	12,66	0,41	3,76	1,18	140
8-9	50	18	90	2,59	14,9	4,16	19,06	0,76	4,52	1,32	140
10-11	25	6	6	0,32	3,8	4,5	8,3	0,20	0,20	0,65	140
11-12	32	6	12	0,57	1,2	2,08	3,28	0,07	0,27	0,71	140
12-13	38	6	18	0,82	1,5	2,42	3,92	0,07	0,34	0,72	140
13-14	50	3	21	0,95	8,5	3,25	11,75	0,07	0,42	0,48	140
14-15	50	18	39	1,51	4,3	3,25	7,55	0,11	0,53	0,77	140
15-16	50	24	63	2,14	12,8	3,25	16,05	0,45	0,98	1,09	140
16-17	64	24	87	2,54	8,5	4,16	12,66	0,15	1,12	0,79	140
17-9	64	24	111	2,9	12,7	4,16	16,86	0,25	1,37	0,90	140
9-18	75	0	111	2,9	54	4,88	58,88	0,40	1,77	0,66	140
	Hf Total=	6,29	metros								



Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas grises)

Red de agua fría No 6 (aguas grises)											
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
1-2	25	6	6	0,32	3,8	4,5	8,3	0,20	0,20	0,65	140
2-3	25	6	12	0,57	1,2	2,08	3,28	0,23	0,43	1,16	140
3-4	32	6	18	0,82	4,5	2,47	6,97	0,29	0,72	1,02	140
4-5	38	18	36	1,45	8,2	3,25	11,45	0,59	1,32	1,28	140
5-6	50	18	54	1,89	9,5	3,25	12,75	0,28	1,60	0,96	140
6-7	50	18	72	2,315	9,5	4,16	13,66	0,44	2,04	1,18	140
7-8	50	15	87	2,53	9,5	4,16	13,66	0,52	2,57	1,29	140
8-9	50	12	99	2,71	9,5	4,16	13,66	0,59	3,16	1,38	140
9-10	64	12	111	2,9	9,5	4,16	13,66	0,20	3,36	0,90	140
10-11	64	178	289	5,24	10,1	4,88	14,98	0,66	4,02	1,63	140
11-12	75	44	333	5,76	70,6	13,5	84,1	2,05	6,07	1,30	140
	Hf Total=	6,07	metros								



## TABLAS DE CÁLCULO PARA REDES DE AGUA CALIENTE

Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas potable)											
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
1-2	25	8	8	0,44	3,8	4,5	8,3	0,36	0,36	0,90	140
2-3	25	8	16	0,76	1,2	2,08	3,28	0,40	0,76	1,55	140
3-4	25	8	24	1,07	0,8	2,47	3,27	0,74	1,50	2,18	140
4-5	38	24	48	1,76	9,3	3,25	12,55	0,93	2,43	1,55	140
5-6	50	24	72	2,315	9,5	3,25	12,75	0,41	2,85	1,18	140
6-7	50	24	96	2,66	9,5	4,16	13,66	0,57	3,42	1,35	140
7-8	50	24	120	3,04	9,5	4,16	13,66	0,73	4,15	1,55	140
8-9	64	24	144	3,39	9,5	4,16	13,66	0,27	4,42	1,05	140
9-10	64	24	168	3,7	9,5	4,87	14,37	0,33	4,75	1,15	140
10-11	64	24	192	4,02	116	25,13	141,13	3,82	8,57	1,25	140
	Hf Total=	8,57	metros								



Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas potable)

Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas potable)											
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
1-2	32	15	15	0,69	3,8	4,5	8,3	0,25	0,25	0,86	140
2-3	32	15	30	1,26	1,2	2,08	3,28	0,30	0,55	1,57	140
3-4	38	15	45	1,65	9	4,18	13,18	0,87	1,42	1,45	140
4-5	50	20	65	2,19	8,5	3,25	11,75	0,34	1,77	1,12	140
5-6	50	24	89	2,57	9,7	3,25	12,95	0,51	2,28	1,31	140
6-7	50	20	109	2,87	2,9	4,16	7,06	0,34	2,62	1,46	140
7-8	50	24	133	3,25	8,3	4,16	12,46	0,76	3,37	1,66	140
8-9	50	0	133	3,25	14,9	4,16	19,06	1,16	4,53	1,66	140
10-11	19	9	9	0,32	1,2	4,5	5,7	0,53	0,53	1,13	140
11-12	25	9	18	0,57	9	2,08	11,08	0,78	1,31	1,16	140
12-13	32	8	26	1,07	8,4	2,47	10,87	0,74	2,05	1,33	140
13-14	50	16	42	1,45	12,9	3,25	16,15	0,22	2,27	0,74	140
14-15	38	16	58	1,58	2,8	3,25	6,05	0,37	2,64	1,39	140
15-16	38	8	66	1,74	1,2	3,25	4,45	0,32	2,96	1,53	140
16-17	50	8	74	1,89	8,3	3,25	11,55	0,26	3,22	0,96	140
17-9	50	24	98	2,67	12,7	4,88	17,58	0,74	3,96	1,36	140
9-18	64	0	98	2,67	65	23,62	88,62	1,12	5,09	0,83	140
	Hf Total=	9,62	metros								



Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas potable)

TRAMO	DIAM (MM)	Red de agua fría No 3 (aguas potable) U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
1-2	25	8	8	0,44	3,8	4,5	8,3	0,36	0,36	0,90	140
2-3	25	8	16	0,76	1,2	2,08	3,28	0,40	0,76	1,55	140
3-4	25	8	24	1,07	0,8	2,47	3,27	0,74	1,50	2,18	140
4-5	38	24	48	1,75	9	3,25	12,25	0,90	2,40	1,54	140
5-6	50	24	72	2,29	9,5	3,25	12,75	0,40	2,81	1,17	140
6-7	50	40	112	2,915	9,5	4,16	13,66	0,68	3,48	1,48	140
7-8	50	24	136	3,29	9,5	4,16	13,66	0,85	4,33	1,68	140
8-9	64	16	152	3,48	9,5	4,16	13,66	0,28	4,62	1,08	140
9-10	64	22	174	3,765	9,5	4,16	13,66	0,33	4,94	1,17	140
10-11	64	16	190	3,975	10,1	4,16	14,26	0,38	5,32	1,24	140
11-12	64	16	206	4,173	67	4,88	71,88	2,08	7,41	1,30	140
	Hf Total=	7,41	metros								



Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas potable)

Red de agua fría No 4 (aguas potable)											
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
1-2	25	8	8	0,44	3,8	6,5	10,3	0,45	0,45	0,90	140
2-3	25	8	16	0,76	1,2	2,08	3,28	0,40	0,85	1,55	140
3-4	32	8	24	1,07	1,5	2,47	3,97	0,27	1,12	1,33	140
4-5	50	24	48	1,8	10,1	3,25	13,35	0,27	1,39	0,92	140
5-6	50	24	72	2,306	9,5	3,25	12,75	0,41	1,80	1,17	140
6-7	50	24	96	2,665	9,5	4,16	13,66	0,57	2,37	1,36	140
7-8	50	27	123	3,09	9,5	4,16	13,66	0,76	3,13	1,57	140
8-9	64	24	147	3,422	9,5	4,16	13,66	0,27	3,40	1,06	140
9-10	64	24	171	3,722	9,5	4,16	13,66	0,32	3,72	1,16	140
10-11	64	24	195	4,04	2,6	4,88	7,48	0,20	3,93	1,26	140
11-12	64	8	203	4,136	105,5	4,88	110,38	3,15	7,08	1,29	140
	Hf Total=	7,08	metros								



Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas potable)											
		Red de agua fría No 5 (aguas potable)									
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
1-2	19	4	4	0,25	3,8	4,5	8,3	0,49	0,49	0,88	140
2-3	19	4	8	0,44	1,2	1,63	2,83	0,47	0,96	1,55	140
3-4	25	4	12	0,57	10,7	1,63	12,33	0,87	1,83	1,16	140
4-5	38	24	36	1,45	7,9	3,25	11,15	0,58	2,41	1,28	140
5-6	38	24	60	2,08	4,8	3,25	8,05	0,81	3,22	1,83	140
6-7	50	12	72	2,306	12,4	3,25	15,65	0,50	3,73	1,17	140
7-8	50	24	96	2,675	8,5	4,16	12,66	0,54	4,26	1,36	140
8-9	50	24	120	3,045	14,9	4,16	19,06	1,03	5,29	1,55	140
10-11	25	6	6	0,32	3,8	4,5	8,3	0,20	0,20	0,65	140
11-12	32	6	12	0,57	1,2	2,08	3,28	0,07	0,27	0,71	140
12-13	38	6	18	0,82	1,5	2,42	3,92	0,07	0,34	0,72	140
13-14	50	3	21	0,95	8,5	3,25	11,75	0,07	0,42	0,48	140
14-15	50	18	39	1,51	4,3	3,25	7,55	0,11	0,53	0,77	140
15-16	50	24	63	2,14	12,8	3,25	16,05	0,45	0,98	1,09	140
16-17	64	24	87	2,54	8,5	4,16	12,66	0,15	1,12	0,79	140
17-9	64	24	111	2,9	12,7	4,16	16,86	0,25	1,37	0,90	140
9-18	75	0	111	2,9	54	4,88	58,88	0,40	1,77	0,66	140
	Hf Total=	7,06	metros								





Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas potable)

Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua fría (aguas potable)											
		Red de agua fría No 6 (aguas potable)									
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
1-2	25	8	8	0,44	3,8	4,5	8,3	0,36	0,36	0,90	140
2-3	25	8	16	0,76	1,2	2,08	3,28	0,40	0,76	1,55	140
3-4	32	8	24	1,07	4,5	2,47	6,97	0,48	1,23	1,33	140
4-5	38	24	48	1,746	8,2	3,25	11,45	0,84	2,07	1,54	140
5-6	50	24	72	2,306	9,5	3,25	12,75	0,41	2,48	1,17	140
6-7	50	24	96	2,67	9,5	4,16	13,66	0,58	3,06	1,36	140
7-8	50	23	119	3,03	9,5	4,16	13,66	0,73	3,79	1,54	140
8-9	64	16	135	3,28	9,5	4,16	13,66	0,25	4,04	1,02	140
9-10	64	22	157	3,558	9,5	4,16	13,66	0,29	4,34	1,11	140
10-11	64	32	189	3,962	10,1	4,88	14,98	0,39	4,73	1,23	140
11-12	64	16	205	4,16	70,6	13,5	84,1	2,42	7,15	1,29	140
	Hf Total=	7,15	metros								



Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua caliente.											
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
1-2	19	6	6	0,32	3,8	35,15	38,95	3,60	3,60	1,13	140
2-3	25	6	12	0,57	1,2	1,63	2,83	0,20	3,80	1,16	140
3-4	25	6	18	0,82	10	1,63	11,63	1,61	5,41	1,67	140
4-5	32	18	36	1,45	8,5	2,08	10,58	1,27	6,68	1,80	140
5-6	38	18	54	1,89	12,6	2,47	15,07	1,28	7,96	1,67	140
6-7	50	18	72	2,3	8,3	3,25	11,55	0,37	8,33	1,17	140
7-8	64	18	90	2,59	14,9	4,16	19,06	0,23	8,56	0,81	140
9-10	19	6	6	0,32	3,8	35,15	38,95	3,60	3,60	1,13	140
10-11	25	6	12	0,57	1,2	1,63	2,83	0,20	3,80	1,16	140
11-12	25	6	18	0,82	9,5	1,63	11,13	1,54	5,34	1,67	140
12-13	32	18	36	1,45	9,5	2,08	11,58	1,39	6,73	1,80	140
13-14	38	18	54	1,89	9,5	2,47	11,97	1,01	7,74	1,67	140
14-15	50	36	90	2,59	9,5	3,25	12,75	0,51	8,25	1,32	140
15-16	50	18	108	2,84	9,5	3,25	12,75	0,60	8,86	1,45	140
16-17	50	18	126	3,14	9,3	3,25	12,55	0,72	9,57	1,60	140
17-18	50	18	144	3,37	1,5	3,25	4,75	0,31	9,88	1,72	140
18-8	64	108	252	4,758	9,3	3,25	12,55	0,46	10,34	1,48	140



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



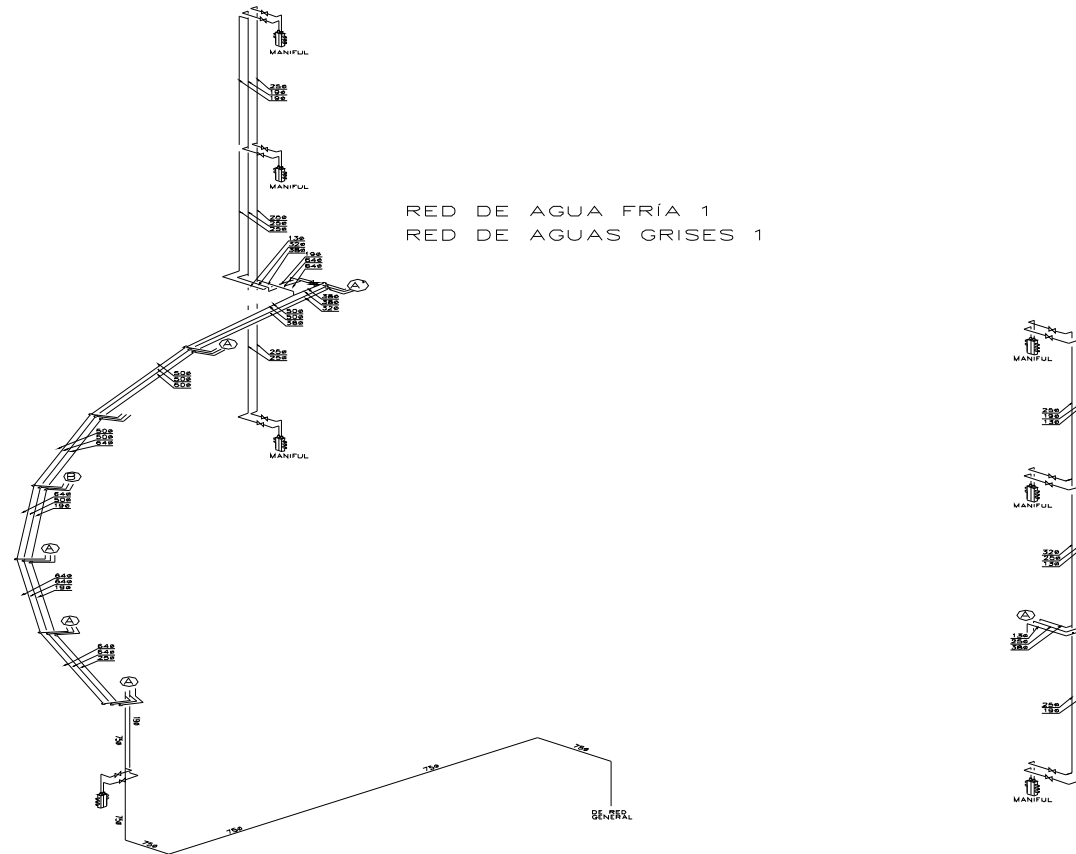
Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua caliente.											
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
19-20	19	6	6	0,32	3,8	35,15	38,95	3,60	3,60	1,13	140
20-21	25	6	12	0,57	1,2	1,63	2,83	0,20	3,80	1,16	140
21-22	25	6	18	0,82	10,1	1,63	11,73	1,63	5,43	1,67	140
22-23	32	16	34	1,39	9,5	2,08	11,58	1,28	6,71	1,73	140
23-24	38	24	58	2,02	9,5	2,47	11,97	1,15	7,86	1,78	140
24-25	50	18	76	2,42	9,5	3,25	12,75	0,45	8,31	1,23	140
25-26	50	33	109	2,08	9,5	3,25	12,75	0,34	8,64	1,06	140
26-27	50	21	130	3,22	9,5	3,25	12,75	0,76	9,41	1,64	140
27-28	50	18	148	3,43	9,5	3,25	12,75	0,86	10,26	1,75	140
28-29	64	18	166	3,67	1,7	4,16	5,86	0,13	10,40	1,14	140
29-30	75	252	418	5,82	1,5	4,88	6,38	0,16	10,55	1,32	140
30-31	75	18	436	6,02	8,7	4,88	13,58	0,36	10,91	1,36	140
31-38	75	18	454	7,23	8,3	4,88	13,18	0,49	11,40	1,64	140
32-33	19	6	6	0,32	1,2	35,15	36,35	3,36	3,36	1,13	140
33-34	25	6	12	0,57	9	1,63	10,63	0,75	4,11	1,16	140
34-35	25	12	24	1,07	8,4	1,63	10,03	2,28	6,39	2,18	140
35-36	32	12	36	1,45	12,9	2,08	14,98	1,79	8,18	1,80	140
36-37	38	6	42	1,58	2,8	2,47	5,27	0,32	8,50	1,39	140
37-38	38	6	48	1,74	1,2	2,47	3,67	0,27	8,77	1,53	140
38-39	75	454	502	7,824	4,4	4,88	9,28	0,40	9,17	1,77	140
39-76	75	6	508	7,896	147	11,63	158,63	6,92	16,09	1,79	140
40-41	19	4	4	0,25	3,8	4,65	8,45	0,49	0,49	0,88	140
41-42	19	4	8	0,44	1,2	1,24	2,44	0,41	0,90	1,55	140
42-43	25	4	12	0,57	10,7	1,63	12,33	0,87	1,77	1,16	140
43-44	32	18	30	1,26	7,9	2,08	9,98	0,92	2,69	1,57	140
44-45	38	18	48	1,58	4,8	2,47	7,27	0,44	3,14	1,39	140
45-46	50	12	60	2,08	12,4	3,25	15,65	0,42	3,55	1,06	140
46-47	50	18	78	2,38	8,5	3,25	11,75	0,40	3,95	1,21	140
47-48	50	18	96	2,66	8,5	3,25	11,75	0,49	4,45	1,35	140
48-58	50	18	114	2,84	0,5	3,25	3,75	0,18	4,62	1,45	140



Cálculo de pérdidas de carga por fricción para alimentación de agua caliente.											
TRAMO	DIAM (MM)	U.M. PARCIAL	U.M. ACUMULADO	Q (L/S)	Lr (M)	Le (M)	Lt (M)	Hf (M)	Hf ACUMULADO	VEL (M/S)	C
49-50	19	6	6	0,32	3,8	6,13	9,93	0,92	0,92	1,13	140
50-51	25	6	12	0,57	1,2	1,63	2,83	0,20	1,12	1,16	140
51-52	25	6	18	0,82	9,5	1,63	11,13	1,54	2,66	1,67	140
52-53	32	18	36	1,45	9,5	2,08	11,58	1,39	4,05	1,80	140
53-54	38	18	54	1,89	9,5	2,47	11,97	1,01	5,06	1,67	140
54-55	50	33	87	2,53	9,5	3,25	12,75	0,49	5,55	1,29	140
55-56	50	18	105	2,8	9,5	3,25	12,75	0,59	6,14	1,43	140
56-57	50	18	123	3,08	10,1	3,25	13,35	0,73	6,87	1,57	140
57-58	50	18	141	3,34	1	3,25	4,25	0,27	7,14	1,70	140
58-48	64	114	255	4,8	9	4,16	13,16	0,49	7,64	1,49	140
59-60	19	6	6	0,32	3,8	4,65	8,45	0,78	0,78	1,13	140
60-61	25	6	12	0,57	1,2	1,24	2,44	0,17	0,95	1,16	140
61-62	25	6	18	0,82	10,1	1,24	11,34	1,57	2,53	1,67	140
62-63	32	14	32	1,32	9,5	2,08	11,58	1,17	3,69	1,64	140
63-64	38	24	56	1,95	9,5	2,47	11,97	1,07	4,77	1,72	140
64-65	50	18	74	2,328	9,5	3,25	12,75	0,42	5,18	1,19	140
65-66	50	30	104	2,784	9,5	3,25	12,75	0,58	5,77	1,42	140
66-67	50	21	125	3,12	9,5	3,25	12,75	0,72	6,48	1,59	140
67-68	50	18	143	3,366	9,5	3,25	12,75	0,83	7,31	1,71	140
68-69	64	18	161	3,612	1	4,16	5,16	0,11	7,42	1,12	140
69-70	75	255	416	6,738	1,5	4,88	6,38	0,21	7,63	1,53	140
70-71	75	18	434	6,972	9	4,88	13,88	0,48	0,48	1,58	140
71-72	75	18	452	7,193	8,5	4,88	13,38	0,49	0,97	1,63	140
72-73	75	18	470	7,445	12,8	4,88	17,68	0,69	1,66	1,69	140
73-74	75	12	482	7,602	4,5	4,88	9,38	0,38	2,05	1,72	140
74-75	75	18	500	7,8	8,5	4,88	13,38	0,57	2,62	1,77	140
75-76	75	18	518	8,016	9,3	4,88	14,18	0,64	3,25	1,81	140
76-77	100	58	576	8,06	5,5	15,5	21	0,23	3,49	1,03	140
77-78	100	508	1084	13,2	25	15,5	40,5	1,13	4,61	1,68	140
78-79	100	80	1164	14,4	34	15	49	1,60	6,22	1,83	140
79-80	100	19	1183	14,56	15	15	30	1,00	7,22	1,85	140



## ISOMÉTRICOS DE REDES DE CALIENTE Y AGUA FRÍA (AGUA POTABLE Y AGUAS GRISES)

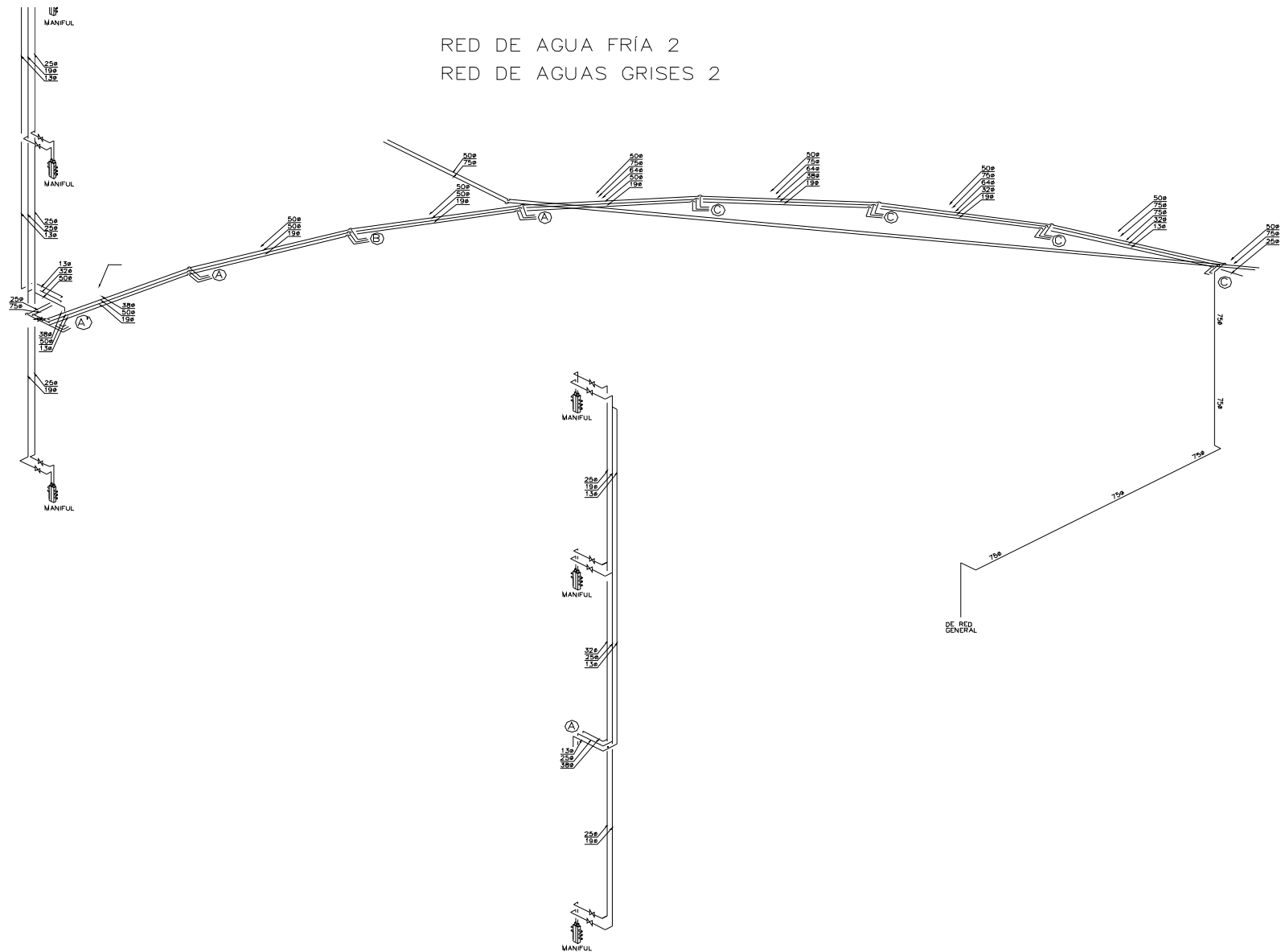




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA

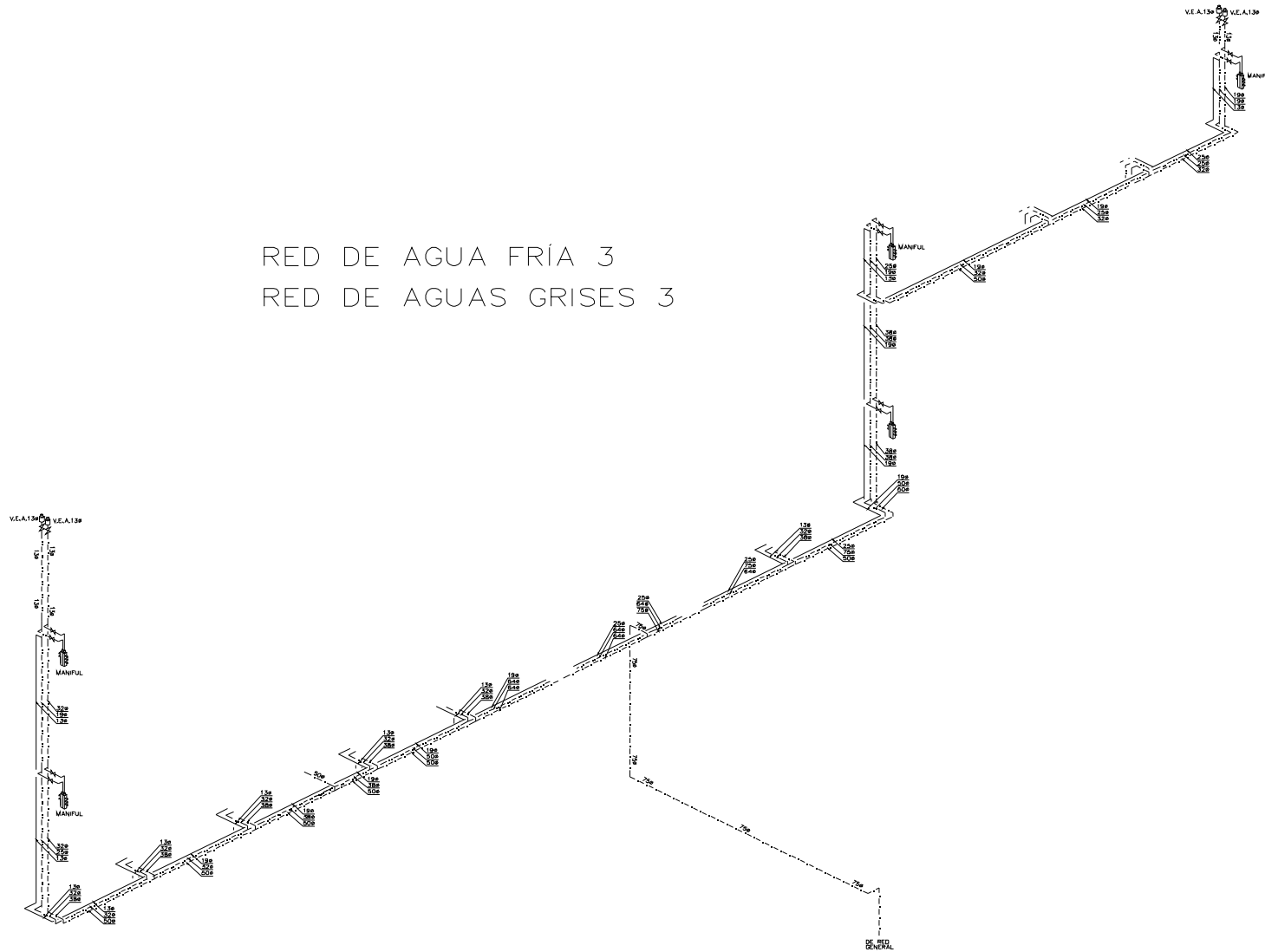


RED DE AGUA FRÍA 2  
RED DE AGUAS GRISAS 2



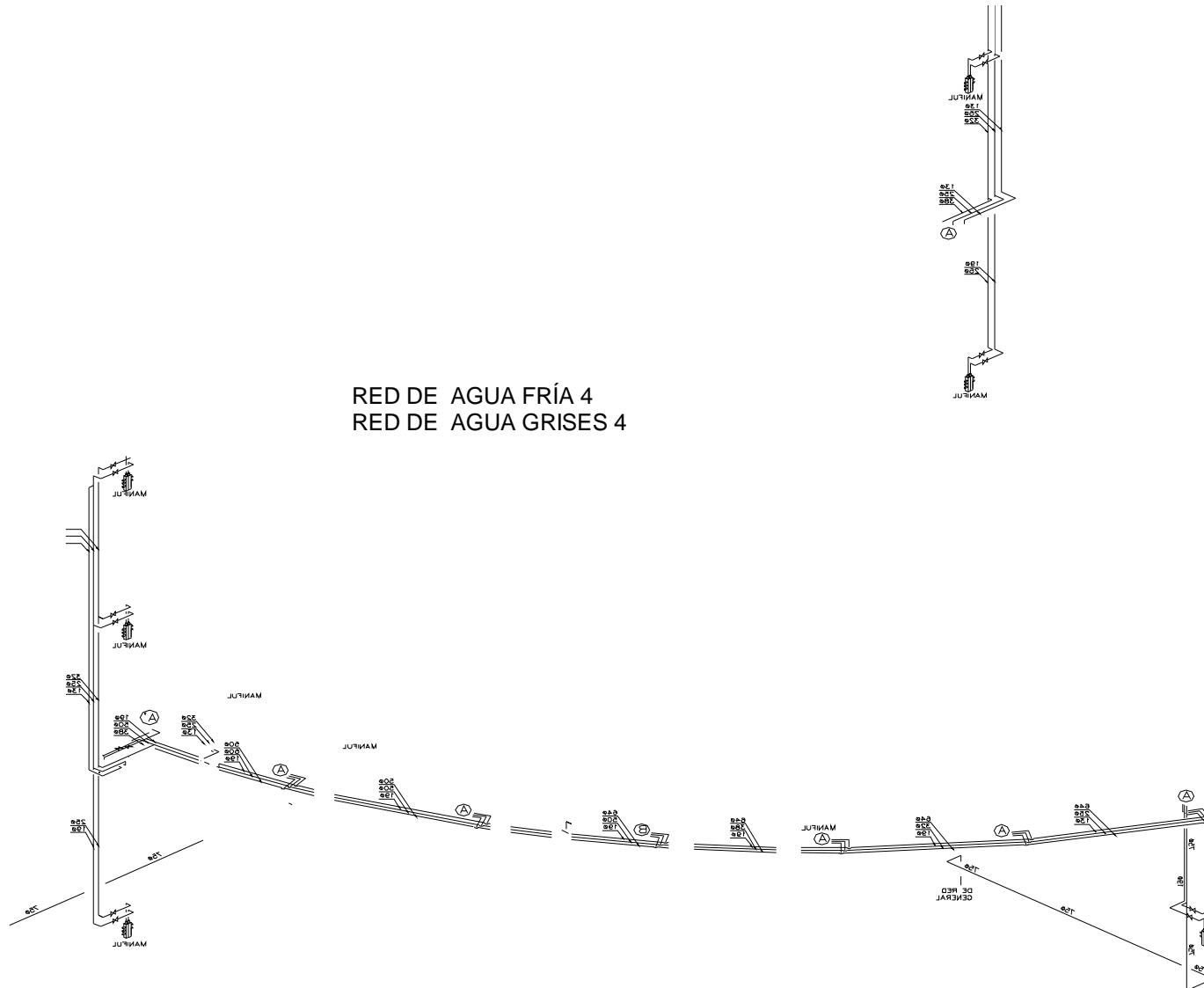


RED DE AGUA FRÍA 3  
RED DE AGUAS GRISAS 3

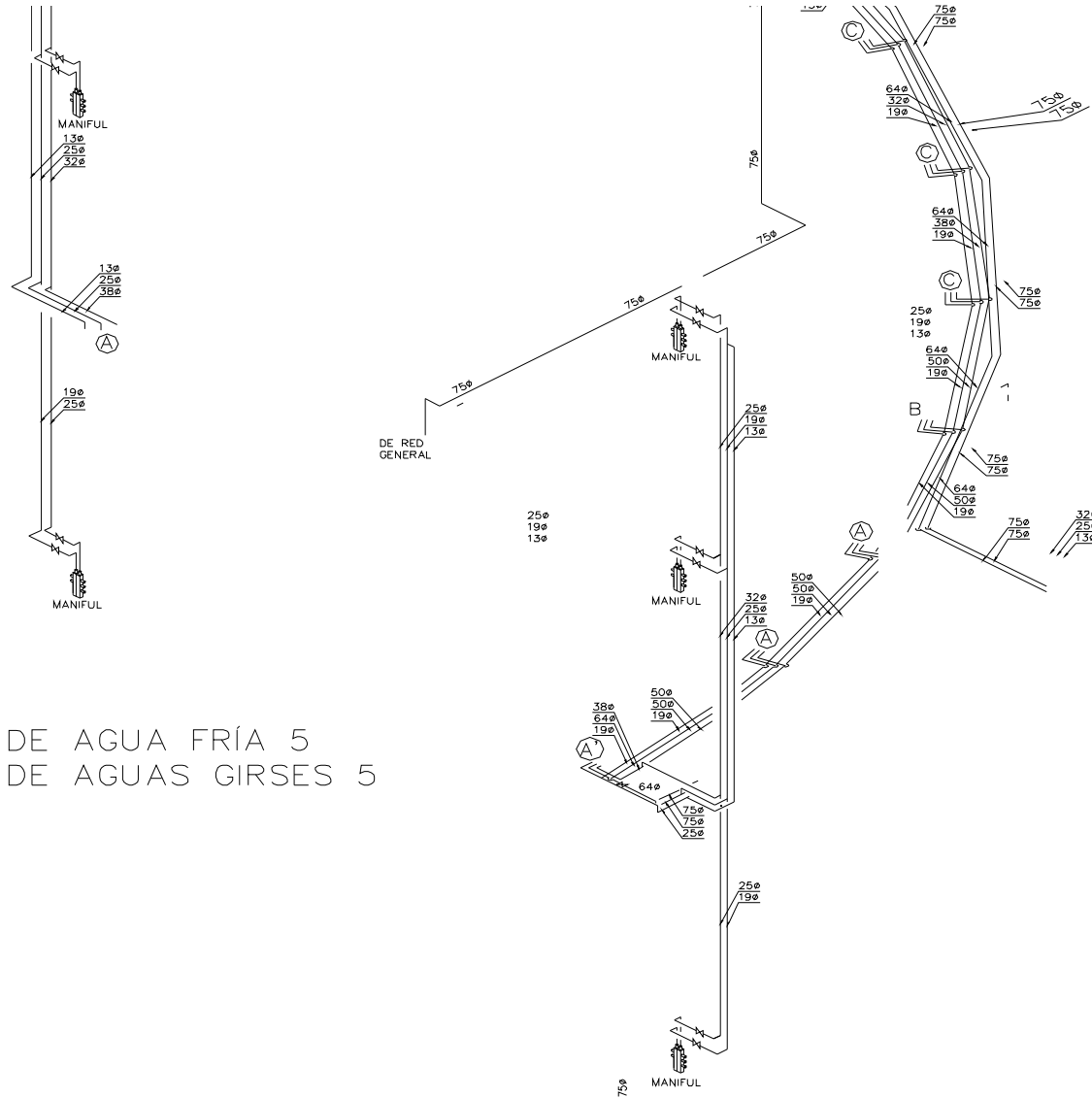




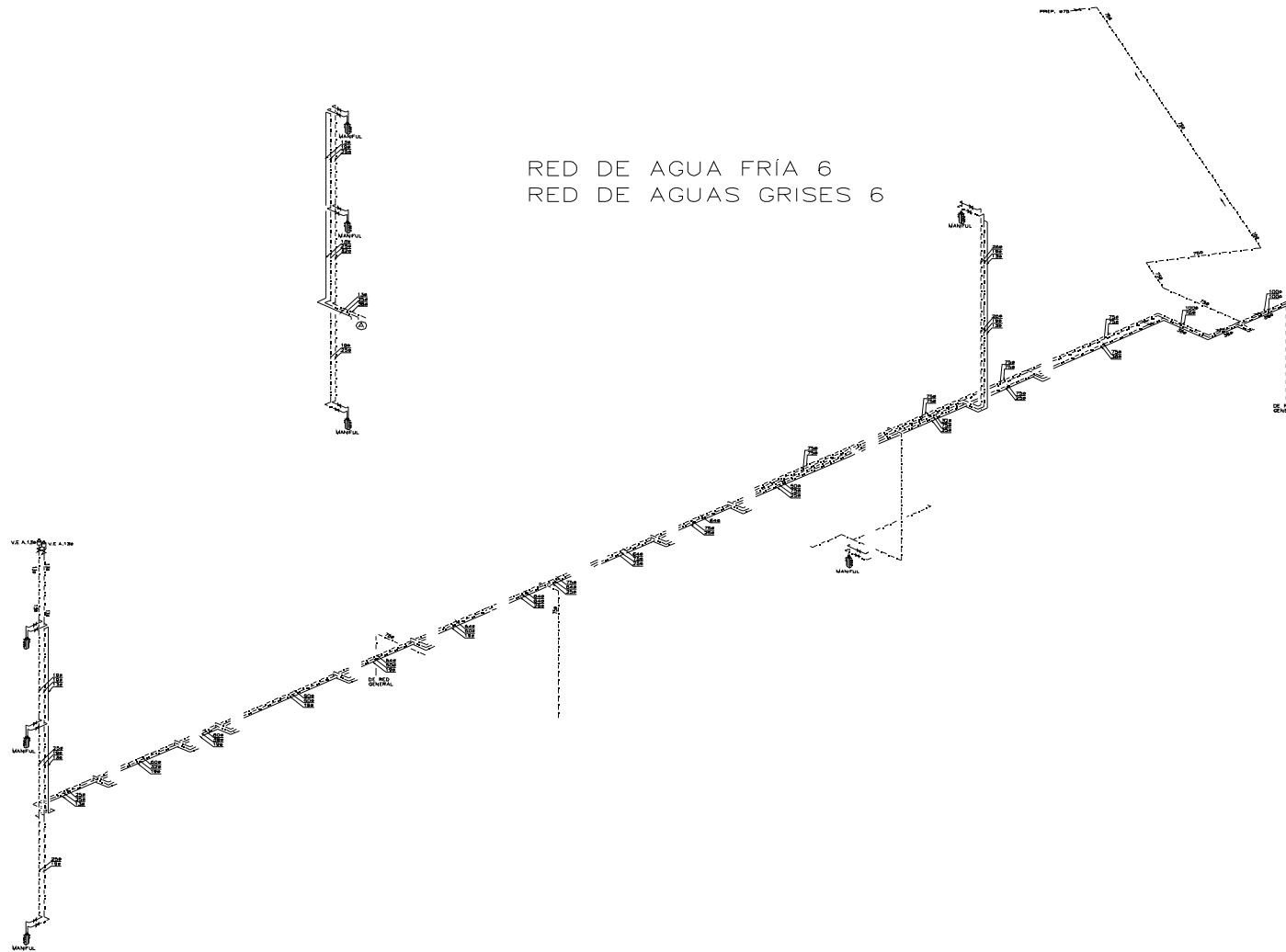
RED DE AGUA FRÍA 4  
RED DE AGUA GRISES 4







RED DE AGUA FRÍA 5  
RED DE AGUAS GIRSES 5





## TABLAS DE CONSULTA

Tabla 2.1.8 Presas principales: uso y capacidad de almacenamiento, 2000

Nombre oficial	Nombre común	Entidad federativa	Año de terminación	Uso	Capacidad total al NAME <sup>1</sup> (hm <sup>3</sup> )
Belisario Domínguez	La Angostura	Chiapas	1974	G	19 736
Netzahualcóyotl	Malpaso	Chiapas	1964	G	14 056
Adolfo López Mateos	Infiernillo	Guerrero	1963	G, C	12 164
Miguel Alemán	Temascal	Oaxaca	1955	G, C	8 119
La Amistad	La Amistad	Coahuila	1969	G, I, A, C	7 069
Solidaridad	Aguamilpa	Nayarit	1993	G, I	6 950
Vicente Guerrero	Las Adjuntas	Tamaulipas	1971	I, A	5 498
Falcón	Falcón	Tamaulipas	1953	A, C, G	5 038
Luis Donald Colosio	Huites	Sinaloa	1995	G, I	4 568
Lázaro Cárdenas	El Palmito	Durango	1946	I, C	4 438
Miguel de la Madrid	Cerro de Oro	Oaxaca	1988	G, I	4 400
Alvaro Obregón	El Oviachic	Sonora	1952	G, I	4 200
Adolfo López Mateos	El Humaya	Sinaloa	1964	G, I	3 983
Miguel Hidalgo	El Mahone	Sinaloa	1956	G, I	3 917
Plutarco Elías Calles	El Novillo	Sonora	1964	G, I	3 693
José López Portillo	El Comedero	Sinaloa	1983	G, I	3 398
Gustavo Díaz Ordaz	Bacurato	Sinaloa	1981	G, I	2 900
Marte R. Gómez	El Azúcar	Tamaulipas	1946	I	2 304
La Boquilla	Lago Toronto	Chihuahua	1916	I	2 282
Cuchillo-Solidaridad	El Cuchillo	Nuevo León	1994	A, I	1 884
Adolfo Ruiz Cortines	Mocuzari	Sonora	1955	G, I	1 825
Carlos Ramírez Ulloa	El Caracol	Guerrero	1986	G	1 750
Ángel Albino Corzo	Peñitas	Chiapas	1986	G	1 485
Manuel Moreno Torres	Chicoasén	Chiapas	1980	G	1 443
Venustiano Carranza	Don Martín	Coahuila	1930	I, A, C	1 385
Fernando Hiriat	Zimapán	Hidalgo	1996	G	1 360
Lázaro Cárdenas	La Angostura	Sonora	1942	I, A	1 268

<sup>1</sup> Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (NAME), es el nivel más alto que debe alcanzar el agua en el vaso bajo cualquier condición  
 hm<sup>3</sup>: Hectómetro cúbico. 1 hm<sup>3</sup> = 1 000 000 m<sup>3</sup>.  
 G: Generación de energía eléctrica.  
 I: Irrigación.  
 A: Uso público.  
 C: Control de avenidas.

Notas: Existen 4 500 presas en México (cuyo volumen de almacenamiento aproximado es 150 km<sup>3</sup>), de las cuales 840 son grandes presas de acuerdo con la definición de la International Commission on Large Dams (ICOLD). Algunos de los datos de este cuadro fueron rectificados por la Comisión Nacional del Agua, por lo cual, no coinciden con lo publicados en la edición anterior de esta obra

Fuente: Semarnat, Comisión Nacional del Agua, Compendio Básico del Agua en México 2002 CNA, México, 2001.



TABLA 2.2.6.1

**EQUIVALENCIA DE LOS MUEBLES EN UNIDADES DE GASTOS**

MUEBLE	SERVICIO	TIPO DE CONTROL	UNIDADES MUEBLE O DE GASTO
Inodoro	Público	Flujómetro	8
Inodoro	Público	Tanque	5
Mingitorio Pedestal	Público	Flujómetro	8
Mingitorio Pared	Público	Flujómetro	4
Mingitorio Pared	Público	Tanque	3
Lavabo	Público	Llave	2
Regadera	Público	Mezcladora	4
Tina	Público	Llave	4
Repedero	Público	Llave	0.5
Fregadero	Restaurant	Llave	4
Wortedero	Oficinas	Llave	3
Inodoro	Privado	Flujómetro	5
Inodoro	Privado	Tanque	3
Lavabo	Privado	Llave	1
Regadera	Privado	Mezcladora	2
Fregadero	Privado	Llave	2
Lavadero	Privado	Llave	3
Bidet	Privado	Llave	1
Lavador ropa	Privado	Llave	2
Grupo baño	Privado	W. C. Flux.	8
Grupo baño	Privado	W. C. Tanque	6

CONVERSION DE UNIDADES MUEBLE A LITROS POR SEGUNDO.

TABLA 22.6.1

GASTO (LPS.)	UNIDADES MUEBLE		GASTO (LPS.)	UNIDADES MUEBLE		GASTO (LPS.)	UNIDADES MUEBLE	
	TANQUE	FLUXO-METRO.		TANQUE	FLUXO-METRO.		TANQUE	FLUXO-METRO.
0.063	0	-	2.77	103	35	8.83	585	490
0.13	1	-	2.84	107	37	9.14	611	521
0.19	3	-	2.90	111	39	9.46	638	559
0.25	4	-	2.96	115	42	9.77	665	596
0.32	6	-	3.03	119	44	10.09	692	631
0.38	7	-	3.09	123	46	10.40	719	666
0.44	8	-	3.15	127	48	10.72	748	700
0.50	10	-	3.22	130	50	11.04	778	739
0.57	12	-	3.28	135	52	11.35	809	775
0.63	13	-	3.34	141	54	11.67	840	811
0.69	15	-	3.41	146	57	11.99	874	850
0.76	16	-	3.47	151	60	12.62	945	931
0.82	18	-	3.53	155	63	13.24	1018	1009
0.89	20	-	3.60	160	66	13.88	1091	1091
0.95	21	-	3.66	165	69	14.51	1173	1173
1.01	23	-	3.72	170	73	15.14	1254	1254
1.07	24	-	3.78	175	76	15.77	1335	1335
1.13	26	-	3.91	185	82	16.40	1418	1418
1.20	28	-	4.04	195	88	17.03	1500	1500
1.26	30	-	4.16	205	95	17.66	1583	1583
1.32	32	-	4.29	215	102	18.29	1668	1668
1.39	34	-	4.42	225	108	18.92	1755	1755
1.45	36	-	4.54	236	116	19.55	1845	1845
1.51	39	-	4.67	245	124	20.19	1926	1926
1.58	42	-	4.79	254	132	20.82	2018	2018
1.64	44	-	4.92	264	140	21.45	2110	2110
1.70	46	-	5.05	275	148	22.08	2204	2204
1.77	49	-	5.17	284	158	22.71	2298	2298
1.83	51	-	5.30	294	168	23.34	2388	2388
1.89	54	-	5.43	305	176	23.97	2480	2480
1.95	56	-	5.55	315	186	24.60	2575	2575
2.02	58	-	5.68	326	195	25.23	2670	2670
2.08	60	-	5.80	337	205	25.86	2765	2765
2.14	63	-	5.93	348	214	26.49	2862	2862
2.21	66	-	6.06	359	223	27.13	2960	2960
2.27	69	-	6.18	370	234	27.76	3060	3060
2.33	74	-	6.31	380	245	28.39	3150	3150
2.40	78	-	6.62	406	270	31.54	3620	3620
2.46	83	-	6.94	431	295	34.70	4070	4070
2.52	86	-	7.25	455	329	37.85	4480	4480
2.59	90	-	7.57	479	365	44.15	5380	5380
2.65	95	-	7.89	506	396	50.47	6280	6280
2.71	99	-	8.20	533	430	56.77	7280	7280
			8.52	559	460	63.08	8300	8300



Tabla 11.2 Drenajes pluviales horizontales

Pendiente 1%

ÁREA TRIBUTARIA EN PROYECCIÓN HORIZONTAL m <sup>2</sup>					
PRECIPITACIÓN N DE DISEÑO mm/hr	SEGÚN				
	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA mm				
	75	100	150	200	250
50	152	348	990	2128	3828
60	127	290	825	1773	3190
70	109	249	707	1520	2734
80	95	217	619	1330	2392
90	84	193	550	1182	2127
100	76	174	495	1064	1914
110	69	158	450	967	1740
120	63	145	412	887	1595
130	58	134	381	818	1472
140	54	124	354	760	1367
150	51	116	330	709	1276
160	47	109	309	665	1196
170	45	102	291	626	1126
180	42	97	275	591	1063
190	42	92	261	560	1007
200	38	87	247	532	967



Tabla 11.3 Drenajes pluviales horizontales

Pendiente 1.5 %

ÁREA TRIBUTARIA EN PROYECCIÓN HORIZONTAL m <sup>2</sup>					
PRECIPITACIÓN DE DISEÑO mm/hr	SEGUN				
	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA mm				
	75	100	150	200	250
50	186	426	1212	2604	4688
60	155	355	1010	2170	3907
70	133	304	866	1860	3349
80	116	266	757	1627	2930
90	103	237	673	1447	2604
100	93	213	606	1302	2344
110	85	194	551	1184	2131
120	77	177	505	1085	1953
130	72	164	466	1002	1803
140	66	152	433	930	1674
150	62	142	404	888	1563
160	58	133	379	814	1465
170	55	125	356	766	1379
180	52	118	337	723	1302
190	49	112	319	685	1234
200	46	106	303	651	1172

de edificios comerciales o de servicios e industrias la que se presenta en la tabla 2-13.

TABLA 2-13 - Dotación mínima de agua potable.

TIPOLOGÍA	DOTACION
<b>I HABITACIONAL</b>	
I.1 Vivienda de hasta 90 m <sup>2</sup> construidos	150 l/hab./día
I.2 Vivienda mayor de 90 m <sup>2</sup> construidos	200 l/hab./día
<b>II COMERCIAL</b>	
II.1 Comercios	6 l/m <sup>2</sup> /día
II.2 Mercados públicos y tiendas	100 l/puesto/día
<b>III SERVICIOS</b>	
III.1 Servicios administrativos y financieros	50 l/persona/día
III.1 Oficinas de cualquier tipo	50 l/persona/día
III.2 Servicios autocorrientes	100 l/trabajador/día

TABLA 2-13 (continuación)

TIPOLOGÍA	DOTACION
III.3 Servicios diversos	300 l/habitante/día
III.3.1 Baños públicos	
III.3.2 Servicios sanitarios públicos	40 l/kg ropa seca
III.3.3 Limpieza	100 l/trabajador/día
III.3.4 Otros servicios	25 l/animal/día
III.3.5 Dotación para animales, en su caso	
III.4 Servicios de salud y asistencia	
III.4.1 Asistencia médica a usuarios externos	12 l/visitante/día
III.4.2 Servicios de salud a usuarios internos	800 l/caja/día
III.4.3 Oficinas y asilos	300 l/huebed/día
III.5 Educación, ciencia y cultura	
III.5.1 Educación preescolar	20 l/alumno/turno

III.5.2 Educación básica y media	25 l/alumno/turno
III.5.3 Educación media superior y superior	25 l/alumno/turno
III.5.4 Institutos de investigación	50 l/persona/día
III.5.5 Museos y centros de información	10 l/visitante/día

III.6 Centros de reunión	
III.6.1 Servicios de alimentos y bebidas	12 l/cenida/día
III.6.2 Espectáculos y reuniones	10 l/visitante/día
III.6.3 Recreación social	25 l/visitante/día
III.6.4 Prácticas deportivas con baños y vestidores	150 l/visitante/día
III.6.5 Espectáculos deportivos	10 l/visitante/día
III.6.6 Lugares de culto Templos, iglesias y sinagogas	10 l/visitante/día

III.7 Servicios turísticos	
III.7.1 Hoteles, moteles, albergues y casas de huéspedes	300 l/hueped/día
III.7.2 Campamentos para reuniones	200 l/persona/día

TABLA 2-13 (continuación)

TIPOLOGÍA	DOTACION
III.8 Seguridad	
III.8.1 Defensa, policía y bomberos	200 l/persona/día
III.8.2 Centros de readaptación social	200 l/turno/día
III.9 Servicios funerarios	
III.9.1 Agencias funerarias	10 l/visitante/visitante
III.9.2 Cementerios, crematorios y mausoleos	100 l/trabajador/día
III.9.3 Visitantes a cementerios, crematorios y mausoleos	10 l/visitante/visitante
III.10 Comunicaciones y transportes	
III.10.1 Estacionamientos	8 l/caja/día
III.10.2 Sitios, paraderos y estaciones de tránsito	100 l/trabajador/día
III.10.3 Estaciones de transporte y terminales de autobuses ferreos	10 l/pasajero/día
III.10.4 Estaciones del sistema	



Tabla 3.5.1 Aportación pluviál por áreas

No. de bajada	Area de aportación (m <sup>2</sup> )	Gasto (l/s)	Q máxima
1	255.17	9.57	9.57
2	196.60	7.36	7.37
3	196.60	7.36	7.37
4	147.12	5.52	5.52
5	2395.70	89.82	89.84
6	1661.48	62.31	62.31
7	301.59	11.31	11.31
8	320.03	12.00	12.00
9	385.79	14.47	14.47
10	320.03	12.00	12.00
11	320.03	12.00	12.00
12	385.79	14.47	14.47
13	320.03	12.00	12.00
14	320.03	12.00	12.00
15	320.03	12.00	12.00
16	320.03	12.00	12.00
17	320.03	12.00	12.00
18	255.17	9.57	9.57
19	196.16	7.36	7.36
20	196.16	7.36	7.36
21	147.12	5.52	5.52
22	2233.51	83.76	83.76



**CAPITULO IX**  
**De los Derechos por la Prestación de Servicios**

**Sección Primera**  
**De los derechos por el suministro de agua**

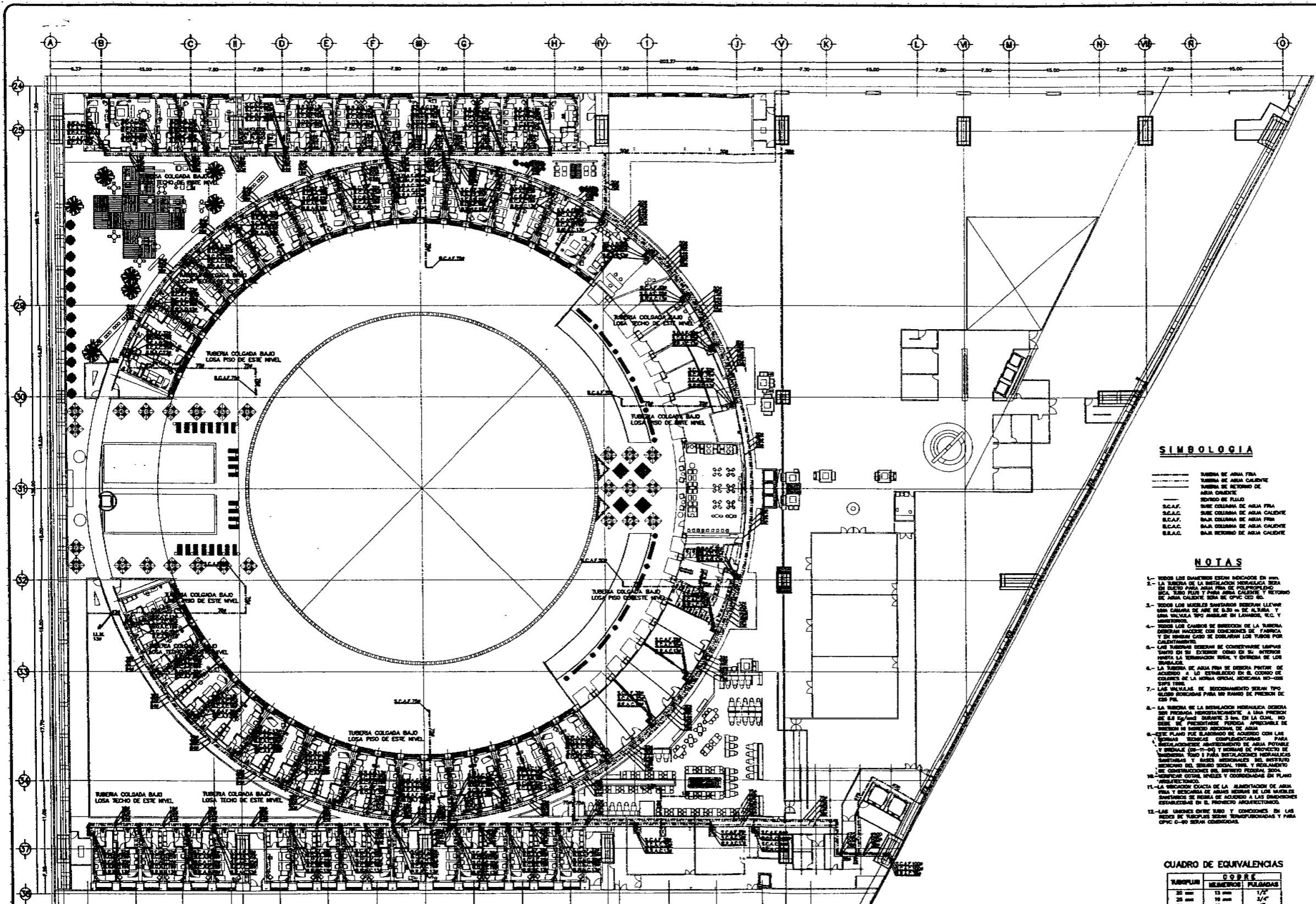
**ARTICULO 194.-** ESTÁN OBLIGADOS AL PAGO DE LOS DERECHOS POR EL SUMINISTRO DE AGUA QUE PROVEA EL DISTRITO FEDERAL, LOS USUARIOS DEL SERVICIO. EL MONTO DE DICHOS DERECHOS COMPRENDERÁ LAS EROGACIONES NECESARIAS PARA ADQUIRIR, EXTRAER, CONDUCIR Y DISTRIBUIR EL LÍQUIDO, ASÍ COMO SU DESCARGA A LA RED DE DRENAJE, Y LAS QUE SE REALICEN PARA MANTENER Y OPERAR LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA ELLO, Y SE PAGARÁN BIMESTRALMENTE, DE ACUERDO A LAS TARIFAS QUE A CONTINUACIÓN SE INDICAN:

I. EN CASO DE QUE SE ENCUENTRE INSTALADO O AUTORIZADO EL MEDIDOR POR PARTE DEL SISTEMA DE AGUAS, LOS DERECHOS SEÑALADOS SE PAGARÁN DE ACUERDO CON LO SIGUIENTE:

Consumo en m <sup>3</sup>		Tarifa	
Límite Inferior	Límite Superior	Cuota Mínima	Cuota Adicional por m <sup>3</sup> excedente al límite inferior
0	10	\$15.64	\$0.00
MAYOR A 10	20	15.64	1.79
MAYOR A 20	30	33.54	3.38
MAYOR A 30	50	67.34	6.65
MAYOR A 50	70	200.34	9.65
MAYOR A 70	90	393.34	14.97
MAYOR A 90	120	692.74	18.37
MAYOR A 120	180	1,243.84	24.31
MAYOR A 180	240	2,702.44	29.34
MAYOR A 240	420	4,462.84	37.47
MAYOR A 420	660	11,207.44	39.40
MAYOR A 660	960	20,663.44	41.10
MAYOR A 960	1500	32,993.44	42.62
MAYOR A 1500	En adelante	56,008.24	43.99



# PLANOS ARQUITECTÓNICOS DE CONJUNTO



**SIMBOLOGIA**

- TUBERIA DE AGUA FRIA
- TUBERIA DE AGUA CALIENTE
- TUBERIA DE RETORNO DE AGUA CALIENTE
- SEÑAL DE FLUJO
- SCA.F. SUBE COLUMNAS DE AGUA FRIA
- SCA.C. SUBE COLUMNAS DE AGUA CALIENTE
- B.C.A.F. BAJA COLUMNAS DE AGUA FRIA
- B.C.A.C. BAJA COLUMNAS DE AGUA CALIENTE
- B.R.A.C. BAJA RETORNO DE AGUA CALIENTE

**NOTAS**

- 1.- TODOS LOS DIAMETROS ESTAN INDICADOS EN INCH.
- 2.- LA TUBERIA DE LA INSTALACION HIDRAULICA SERA DE CUERO PARA AGUA FRIA DE POLIPROPILENO PARA AGUA CALIENTE Y RETORNO DE AGUA CALIENTE SERA DE COPIC C-90.
- 3.- TODOS LOS MUEBLES SANITARIOS DEBERAN LLEVAR UNA CARAMBA DE AIRE DE 0.30 m. DE ALTURA Y UNA VALVULA TIPO MUEBLAS EN LOMAS, ETC. Y MONTADOS.
- 4.- TODOS LOS CAMBIOS DE DISEÑO DE LA TUBERIA DEBERAN HACERSE CON CONEXIONES DE FABRICA Y EN NINGUN CASO SE DOBLARAN LOS TUBOS POR CALIDAD.
- 5.- LAS TUBERIAS DEBERAN DE CONSERVARSE LIMPIAS SIEMPRE EN SU INTERIOR COMO EN SU INTERIOR HASTA LA TERMINACION FINAL Y ENTRADA DE LOS MUEBLES.
- 6.- LA TUBERIA DE AGUA FRIA SE DEBERA PINTAR DE AZUL Y LA TUBERIA DE AGUA CALIENTE DE ROJO O NARANJA DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO EN EL CODIGO DE COLORES DE LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-005 SPS 1988.
- 7.- LAS VALVULAS DE SECCIONAMIENTO SERAN TIPO GLOBOS ROTACIONES PARA UN RANGHO DE PRESION DE 100 PSI.
- 8.- LA TUBERIA DE LA INSTALACION HIDRAULICA DEBERA SER PROTEGIDA HIDROISOLACION A UNA PRESION DE 0.5 Kg/cm<sup>2</sup> DURANTE 3 hrs. EN LA CUAL NO SE DE PRESENTAR FUGAS APRECIABLES DE PRESION NI SEÑALES DE AGUA.
- 9.- ESTE PLANO FUE ELABORADO DE ACUERDO CON LAS NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS PARA INSTALACIONES ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SEÑALES (C-10-80) Y NORMAS DE PROCEDIMIENTO DE MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE INSTALACIONES SANITARIAS Y BAJOS MEDICIALES DEL INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL Y REGISTRO DE CONSTRUCCIONES DEL INSTITUTO FEDERAL DEL SEGURO SOCIAL.
- 10.- SE INCLUYEN LISTAS DE MUEBLES Y COORDINADAS EN PLANO PROYECTIVO.
- 11.- LA UBICACION EXACTA DE LA ABASTECIMIENTO DE AGUA FRIA Y RECIBIDA DE AGUA CALIENTE DE LOS MUEBLES SANITARIOS SE DEBERA DE ACUERDO A LAS DIMENSIONES ESTABLECIDAS EN EL PROYECTO ARQUITECTONICO.
- 12.- LAS UNIDADES ENTRE TUBO Y CONEXIONES DE LAS TIPO C-90 SERAN TIPOFUNDIDAS Y PARA COPIC C-90 SERAN COMBINADAS.

**CUADRO DE EQUIVALENCIAS**

TUBIFLUX	COPIC	
	MILIMETROS	PULGADAS
20 mm	13 mm	1/2"
25 mm	19 mm	3/4"
32 mm	25 mm	1"
40 mm	32 mm	1 1/8"
50 mm	38 mm	1 1/2"
63 mm	45 mm	2"
75 mm	64 mm	2 1/2"
90 mm	76 mm	3"

**NOTA IMPORTANTE:**  
 LOS DIAMETROS INDICADOS EN SIEMPRE HIDRAULICA DE COPIC, SON DIAMETROS EXTERIORES, SIENDO ESTOS COMPATIBLES CON TUBERIA TUBIFLUX EN SU DIAMETRO EXTERNO.

**PLANTA**  
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15  
 METROS  
 ESCALA GRAFICA 1: 300

**OT**

CONDOMINIO GRUPO HOTELERO 12 S.A. DE C.V.

CICSA

**HOTEL**

RESERVA HIDRAULICA PLANTA BAJA DE 2<sup>o</sup> NIVEL

REPRODUCCION DE CONSTRUCCION

PROYECTO DE CONSTRUCCION

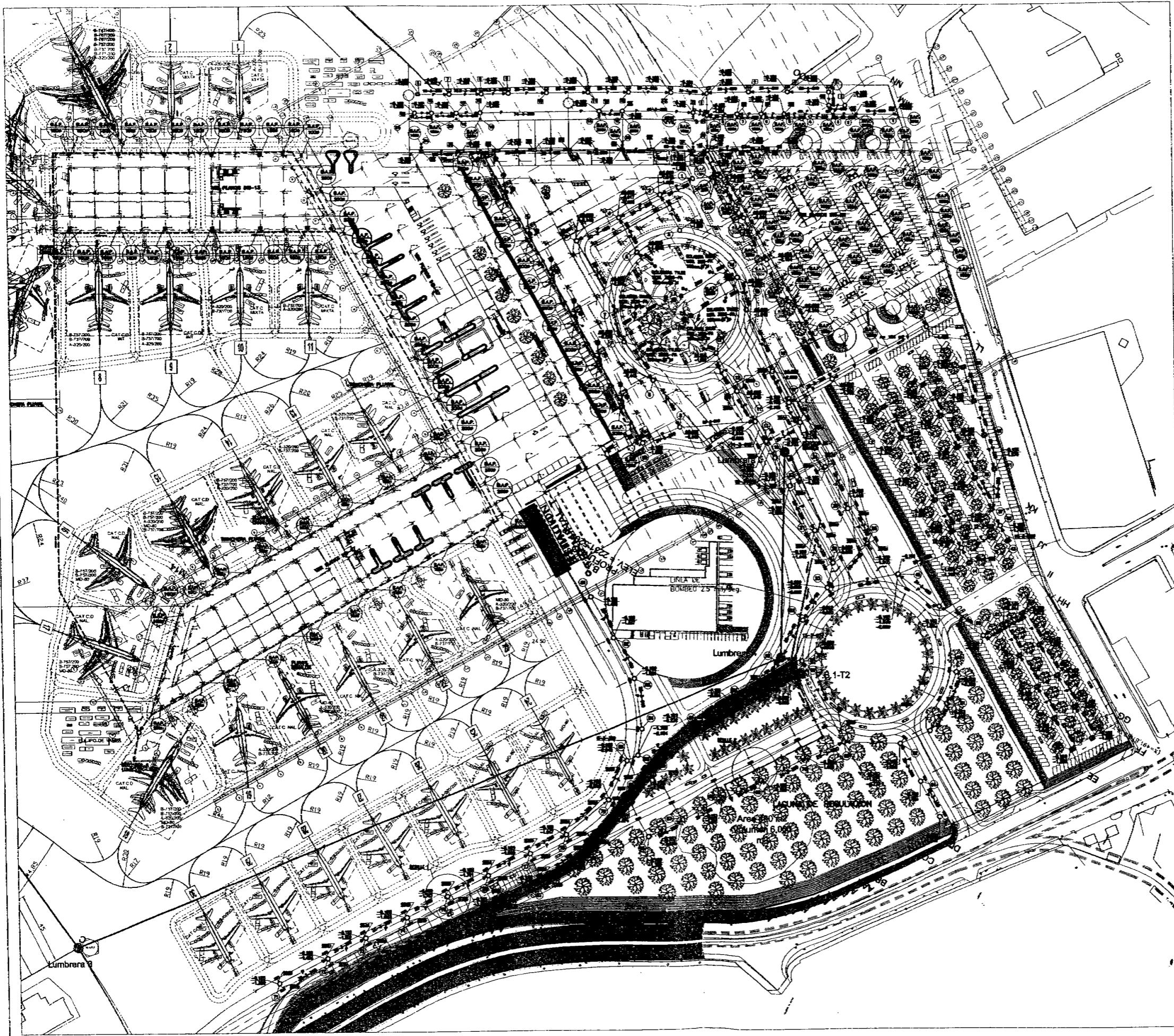
NUEVA TERMINAL 2

PLANTA

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

METROS

ESCALA GRAFICA 1: 300



DETERMINACIONES

NORTE

LOCALIZACION

LEGENDA

- TUBERIA DE AGUA PLUVIAL
- COLADERA DE BANQUETA
- COLADERA DE PISO
- POZO DE VISITA
- BANQUETA DE AGUA PLUVIAL
- COLADERA PLUVIAL MOD INDICADO
- NUMERO DE POZO
- COTA DE TERRENO
- COTA DE ARRASTRE DE TUBERIA
- LONGITUD-PENDIENTE-DIAMETRO
- (m.) (mm.) (mm.)

NOTAS GENERALES

1.- LA TUBERIA EXTERIOR SERA DE POLIETILENO ALTA DENSIDAD CORRUGADO TIPO ADS

MODIFICACIONES

PARA CONSTRUCCION

CONJUNTO

PLANTA DE CONJUNTO  
INSTALACION PLUVIAL

SUBDIRECCION DE CONSTRUCCION

AEROPUERTO INTERNACIONAL  
DE LA CD. DE MEXICO

NUEVA TERMINAL 2

HS-03-E

PROYECTO: ING. ROBERTO CASTAÑEDA + RAMIREZ

INGENIERO EN CARGO: ING. DANIEL GONZALEZ FUENTES

1990

FECHA DE EMISION: SEPTIEMBRE 24/1990

MOYNO GUERRERO, PG-0286