

99



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

"PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS DEL
TRATAMIENTO Y REUSO DE AGUAS
RESIDUALES EN EL DISTRITO FEDERAL"

T E S I S

Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL

presenta

JOSE ENRIQUE TORRENTERA GARAY



Director de Tesis:
ING. M.S.P. Rafael López Ruiz

México, D. F.

2000

284826



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/078/00

Señor
JOSE ENRIQUE TORRETERA GARAY
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. M.S.P. RAFAEL LOPEZ RUIZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

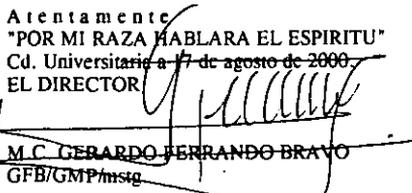
**"PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS DEL TRATAMIENTO Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES
EN EL DISTRITO FEDERAL"**

- I. **TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, SITUACION Y LEGISLACION NACIONALES**
- II. **EL AGUA TRATADA COMO ALTERNATIVA DE USO.**
- III. **FUTURO DEL TRATAMIENTO**
- IV. **CASO ESTUDIO**
- V. **CONCLUSIONES**

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitario a 17 de agosto de 2000.
EL DIRECTOR


M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg

Cuando no estés practicando
recuerda, que alguien, en algún lugar,
lo está haciendo y cuando se enfrenten
te va a vencer.

Ed Macaulay

Agradecimientos

A Dios

A mis padres

A mi familia y a todas las demás personas que de alguna u otra forma participaron para hacer posible este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México

A la Facultad de Ingeniería

Gracias.

Índice

Introducción.....	1
I) El tratamiento de Aguas Residuales, Situación y Legislación Nacionales.....	7
■ Generalidades del Tratamiento de Aguas Residuales.....	9
- Definición.....	9
- Caracterización de las aguas residuales.....	10
- Procesos y operaciones unitarias.....	18
- Situación actual en México.....	27
- Metas del gobierno.....	31
- Principales problemas.....	37
■ Legislación en materia de tratamiento de aguas residuales.....	42
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.....	44
- Ley General de Salud.....	45
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.....	46
- Ley de Aguas Nacionales.....	51
- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.....	54
- Norma Oficial Mexicana.....	58
II) El agua tratada como alternativa de uso.....	61
■ Clasificación según su uso.....	63
- Aguas recuperables y no recuperables.....	63
■ Verificación de la calidad del agua recibida de la red de agua residual tratada de la Ciudad de México.....	66
- La red de distribución de agua residual tratada en la Ciudad de México.....	66
- Parámetros físicos.....	75
- Parámetros químicos.....	77
- Parámetros biológicos.....	81
- Parámetros requeridos para su reuso.....	87
■ El tratamiento de aguas residuales como oportunidad de negocio.....	99
- Situación actual del uso y los usuarios.....	99
- Principales empresas que se dedican al tratamiento.....	107
- Requisitos legales y ambientales.....	108
- Costos aproximados de tratamiento.....	116
III) Futuro del Tratamiento.....	117
■ Conciencia ecológica vs costo.....	119
- Actividades que "pueden" y "deben" usar agua residual tratada.....	119
- Requisitos para recibir y usar agua tratada.....	126
- Análisis oferta – demanda.....	132
- Proyección a futuro del tratamiento y reuso de aguas residuales.....	139
- El reciclamiento como alternativa para reducir el costo por m ³	141

IV) Caso Estudio.....	143
▪ Autolavados en el Distrito Federal.....	145
- Situación y proyecciones.....	145
- Distribución de aguas residuales.....	146
- Cantidad promedio de agua residual utilizada y el costo que representa.....	148
▪ Estudio y caracterización del agua residual generada.....	150
- Parámetros.....	150
- Generalidades de los contaminantes.....	151
- Alternativas de tratamiento.....	152
▪ Diseño de Facilidades Requeridas.....	166
- Diseño sanitario.....	167
- Diseño hidráulico.....	173
▪ Análisis Costo – Beneficio	175
V) Conclusiones.....	185
VI) Anexos y Croquis.....	191
IV) Bibliografía.....	199

Introducción

Introducción

⊕ El cuidado ambiental como una necesidad actual

Una corriente natural "sana", como un lago o un río, posee una gran capacidad limitada de autopurificación, y cuando esta capacidad se destruye o se agota, la corriente se contamina. La capacidad de autopurificación se debe, en partes a cantidades relativamente pequeñas de microorganismos presentes en el agua, dichos microorganismos utilizan como alimento gran parte de la materia orgánica contaminante que llega de algún modo al agua.

Los microorganismos forman un microsistema ecológico de bacterias, hongos y algas, que a su vez forma parte de una cadena alimentaria para otros organismos, como protozoarios, insectos, etc.

En el proceso de purificación, las materias orgánicas se descomponen finalmente en compuestos simples como anhídrido carbónico o metano, y los microorganismos aumentan en número, de este modo, los contaminantes orgánicos se eliminan de la corriente de agua en parte por descomposición bioquímica y en parte por la conversión en células microbianas.

Si se destruye la población microbiana los solutos orgánicos contaminantes que entran en el agua no se descompondrán y se acumularán, según se acumulen los contaminantes su concentración en el agua puede hacerse tan alta que no se podrá restablecer una población microbiana y el agua quedará permanentemente contaminada.

El crecimiento continuo y desmesurado que ha presentado la Ciudad de México en los últimos años ha traído como consecuencia niveles de contaminación muy altos, razón por la cual día a día se presenta la imperiosa necesidad de crear y conservar el mayor número de áreas verdes posibles con el objeto de contrarrestar dicho efecto.

La falta de más fuentes de abastecimiento de agua potable cercanas a la Ciudad de México, y el costo tal elevado que resulta traer a ella mayores cantidades de este preciado líquido, han hecho que se busquen diversas alternativas para la disminución de los consumos de agua potable, detectándose la necesidad de fomentar el intercambio del uso de este tipo de agua por el de agua residual tratada.

El aumento en el conocimiento de los efectos acumulativos de la contaminación ha llevado a una mayor preocupación general y a una legislación cada vez más estricta en lo concerniente a la descarga de residuos.

Hay que pagar por el tratamiento residual, y al parecer presentan a corto plazo, un costo adicional impropio e improductivo que hace pensar que el tratamiento de agua es dinero que se tira por el desagüe. Los productos residuales tienen que ser descargados, y disponer de los residuos acuosos significa por lo general descargarlos a algún tipo de corriente de agua, como un río o canal. Cuando las aguas residuales descargadas no han sido del todo tratadas, el resultado será mayor contaminación de la corriente de agua.

La prevención de la contaminación de las corrientes de agua tiene obviamente un valor estético, pero tiene también sólidas razones económicas y de salud.

Existe una normatividad nacional (Normas Oficiales Mexicanas) en relación al tratamiento de aguas residuales y el reuso de las aguas residuales tratadas que debe cumplirse por los organismos que operan los sistemas de alcantarillado y por los usuarios de las aguas residuales tratadas.

El agua es materia prima esencial para numerosos procesos industriales y constituye por consiguiente un vital recurso. En la industria constituye un elemento importante de muchos productos y procesos, el funcionamiento y expansión de las operaciones industriales depende en gran parte de que se mantengan los suministros de agua con una condición libre de contaminación.

Una correcta administración de agua incluyendo el tratamiento y el reuso del agua residual, puede que no solo permita ahorros en el costo de la compra de agua de alta calidad, sino que también reducirá la dependencia del proceso sobre los suministros externos de agua

Una investigación del uso del agua de una planta industrial, mostrará áreas donde se pueden lograr ahorros en el uso del agua; el agua que pasa a través de un proceso, al final de su recorrido y uso, tiende a terminar en el tratamiento de aguas residuales y por tanto, influyen sus costos de operación.

Es posible que existan áreas en el proceso donde se pueda sustituir el agua dulce por aguas parcial o débilmente tratadas procedentes de otras áreas del proceso, así también, pueden existir posibilidades de modificar los procesos de producción a fin de reducir sus requerimientos de agua, reduciendo la carga de contaminación impuesta por los residuos del proceso, o utilizando reactivos que hagan sus corrientes de agua más apropiadas al reuso.

El tratamiento de las aguas residuales en el sitio, es atractivo en términos de la disponibilidad del agua tratada para volverla usar y dar cumplimiento de las regulaciones del control de la contaminación.

Cuando se incluyen sistemas de tratamiento de agua y su recirculación en el diseño de una nueva industria el proceso se planea estando conscientes de los problemas de tratamiento de sus desechos líquidos, no es necesario que el costo adicional sea demasiado alto, sin embargo en forma positiva, la instalación de un sistema de tratamiento y reuso puede ayudar a disminuir los costos de abastecimiento de agua y de proceso.

Los avances técnicos para el tratamiento del agua residual doméstica e industrial han desarrollado una gran cantidad de variantes en el diseño y operación de los dispositivos de depuración de las aguas, sin embargo, todas estas técnicas pueden estar incluidas en dos grandes grupos, el tratamiento biológico y al tratamiento físico – químico.

En ambos sistemas es necesario considerar las características del agua que será utilizada como influente y del mismo modo, las características que se requieren en el efluente.

El objetivo principal de esta tesis, será el de examinar la infraestructura existente en cuanto a tratamiento y distribución de las aguas residuales, así como el estudio de los principales factores que inciden para que no se cumplan las metas que se han propuesto en esta materia.

Otro objetivo es hacer un análisis de la realidad actual en el Distrito Federal del reuso del agua, debido a que se han tenido múltiples quejas de los usuarios de este tipo de agua renovada en cuestión a su calidad, ya que llega a veces con gran contenido de algas y material suspendido, provocando un rechazo al uso de este bien, aunándose a su elevado costo en comparación al agua potable. También conocer un resumen de cuantos usuarios

realmente existen en el Distrito Federal, su tipo de distribución, costos del agua tratada, usuarios potenciales, entre otras cosas.

Por último, se propone un sistema de recirculación para el agua residual generada por lavados automotrices, los cuales a su vez por ley utilizan agua residual tratada para laborar. Este sistema no sólo se puede aplicar a autolavados, también en cualquier otra actividad en donde sus aguas sea susceptibles a recuperarse para su recirculación.

Capítulo I) El tratamiento de Aguas Residuales, Situación y Legislación Nacionales

- **Generalidades del Tratamiento de Aguas Residuales**
 - **Definición**
 - **Caracterización de las aguas residuales**
 - **Procesos y operaciones unitarias**
 - **Situación actual en México**
 - **Metas del gobierno**
 - **Principales problemas**

- **Legislación en materia de tratamiento de aguas residuales**
 - **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos**
 - **Ley General de Salud**
 - **Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**
 - **Ley de Aguas Nacionales**
 - **Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales**
 - **Norma Oficial Mexicana**

1) El tratamiento de aguas residuales, situación y legislación nacionales.

■ Generalidades del Tratamiento de Aguas Residuales

⊕ Definición:

Alrededor del 73% de la superficie del planeta es agua y aunque como tal no se puede usar para el consumo humano, nos hizo confiar que nunca nos haría falta este líquido, aunado a que en la mayor parte de los continentes existen lagos, ríos, pozos y en general fuentes de abastecimiento que eran suficientes para los asentamientos humanos, esa confianza, la prevención y el control de las enfermedades transmisibles, el desarrollo tecnológico entre otras cosas y la "buena" calidad de vida que llevaban hizo que la población mundial creciera de manera alarmante, trayendo consigo innumerables problemas, desde la creación de grandes ciudades para dar cabida a todos esos habitantes, hasta la deforestación de las selvas tropicales para abastecerlos de muebles y crear campos agrícolas y ganaderos para vivir, pasando por la creación de industrias, las cuales eran necesarias para dotar de comodidades a la población.

El agua fue otro problema, pues mientras más habitantes necesitaran este bien, más pozos y manantiales eran entubados y explotados, y esto no era todo el hacerles llegar el agua era la mitad del problema, el retirar el agua servida de las viviendas fue otro, el cual fue solucionado con sus respectivas reservas. Este aumento en la necesidad de bienes satisfactorios, hizo que la industria creciera, requiriendo a su vez agua para sus procesos, todas estas actividades, contaminaron durante años, sin control y de manera severa los mantos acuíferos y creyendo que con apartar el agua de las ciudades se solucionaría el problema, ya que los ríos y finalmente el mar depurarían las impurezas y contaminantes como lo hacían anteriormente.

En la actualidad, tal exceso de contaminantes ha provocado que lo que algún día pensamos inalterable, sucumbiera ante la tal cantidad de sustancias vertidas, alteramos el equilibrio en el mar; esto nos ha llevado a tratar de reducir los efectos de algunos contaminantes y evitar el uso de las sustancias que era imposible tratar.

El tratamiento de aguas residuales es, el tratar de mitigar los efectos de los contaminantes mas comunes de las aguas residuales, regulando e identificando el uso de sustancias no posibles de tratar.

Esto no quiere decir que al tratar agua residual, esta tenga que quedar pura, sino que la tratamos para "ayudar" al ecosistema a limpiarse, retirando algunos contaminantes y sustancias.

⊕ Caracterización de las aguas residuales

Existen varios tipos de aguas residuales, esta clasificación se deriva del tipo de contaminantes que tiene y de la cantidad de ellos, existen las aguas de tipo doméstico, cuyo contenido de materia orgánica y de coliformes fecales es alto con un contenido bajo de metales pesados; las aguas de tipo industrial, que dependiendo del tipo de industria pueden contener un alto grado de metales pesados como el plomo o mercurio, tener una temperatura alta con respecto a la ambiental y casi no contener materia orgánica.

La importancia de la caracterización radica en que es indispensable para seleccionar los procesos y operaciones unitarias que se deben realizar para el tratamiento del agua, a continuación se presenta un resumen de los diferentes datos, métodos de análisis, características físicas, químicas, sustancias y materiales a considerar para una adecuada caracterización de las aguas residuales.

El caudal y las características del agua residual generada por una población, son función del tipo de actividades que se desarrollan dentro de cada localidad, siendo características específicas de cada una de ellas, por lo que es necesario aforar, muestrear y analizar las aguas residuales en forma particular.

Un estudio para conocer las características de las descargas de agua residual incluye, diversas actividades como: inspección global del sistema de alcantarillado, localización de zonas (residencial, industrial y de servicio), localización de la o las descargas, aforar las descargas, establecer los sitios de muestreo, coleccionar muestras y analizarlas.

✧ Reconocimiento de la zona de trabajo:

Es necesario contar con el plano del alcantarillado y en él localizar la o las descargas con sus cotas de plantilla, localizar también los pozos de visita que se encuentran cerca de éstas, conocer los niveles tanto de plantilla como del terreno. Se deben localizar en el plano las principales industrias existentes en la población, con todos los datos de sus efluentes (gastos, análisis físico – químicos, tratamientos) y horarios de funcionamiento. Localizar las zonas habitacionales y los establecimientos que hagan grandes aportaciones de aguas residuales (clubs, internados, baños públicos, etc.).

Es importante también contar con datos del sistema de agua potable como son dotación, gasto real y variaciones horarias para poder conocer el comportamiento promedio del abastecimiento de agua durante el día, semanas, meses y de ser posible de todo un año, ya que estos nos señalarán el comportamiento del agua que escurre en los drenajes y en las descargas, datos que se requieren para el diseño de la planta.

Deberá hacerse un recorrido por las partes que se consideren importantes, como: la o las descargas, los pozos de visita, y los lugares en que se tomaron las muestras y se harán mediciones del caudal.

✧ Métodos de análisis

Los métodos de análisis que se utilizan para definir las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales, son los establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y en ausencia de estas son las señaladas en la publicación Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, preparada y publicada conjuntamente por la American Public Health Association, American Water Works Association y Pollution Control Federation de los Estados Unidos de América.

Las unidades de uso común para expresar los resultados de los análisis físicos y químicos que describen las características correspondientes de las aguas residuales son:

Base	Aplicación	Unidad
<i>Análisis Físicos</i>		
Densidad	Masa de solución / Unidad de volumen	Kg/m ³
Porcentaje en volumen	Volumen soluto x 100 / Total volumen de solución	% (por vol.)
Porcentaje en masa	Masa del soluto x 100 / Combinación masa soluto + solvente	% (por masa)
Relación en volumen	Mililitros / Litros	ml / l
Masa por unidad de volumen	Microgramos / Litros de solución	µg / l
	Miligramos / Litros de solución	mg / l
	gramos / metros cúbicos de solución	G / m ³
Relación de masa	Miligramos / 10 ⁶ miligramos	ppm
<i>Análisis químicos</i>		
Molaridad	Moles de soluto / 1000 gramos de solvente	mol / kg
	Moles de soluto / Litro de solución	mol / l
	Equivalente de soluto / Litro de solución	equiv / l
	Multi equivalentes de soluto / Litro de solución	meq / l

Cuadro 1.1 Unidades de uso común en la caracterización de A.R.

❖ Determinación de las características físicas

La mayor parte de nuestras impresiones sobre la calidad del agua se basa en sus características físicas y organolépticas; esperamos que el agua sea clara, incolora e inodora.

En el cuadro 1.2 se indican los análisis de uso común para determinar las impurezas físicas de las aguas residuales.

Aparte de los gases disueltos, todos los contaminantes en el agua contribuyen a la carga de sólidos (figura 1.1 y figura 1.2).

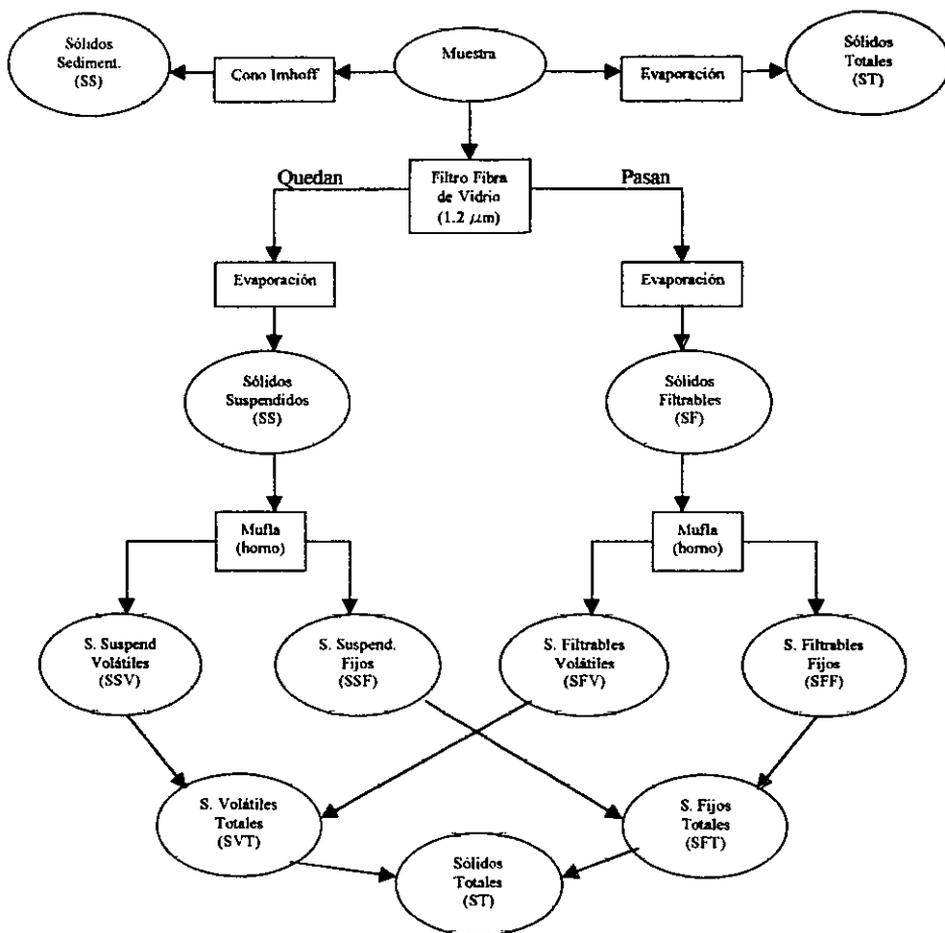


Figura 1.1 Interrelaciones de Sólidos en Agua y Aguas Residuales.

Prueba	Abreviatura	Definición	Uso
◇ TURBIEDAD	UNT	Unidades Nefelométricas de Turbiedad	Estimar la claridad del agua
◇ SÓLIDOS			
Sólidos Totales	ST		Evaluar el potencial de las aguas residuales para reuso y determinar el proceso más apropiado para su tratamiento.
Sólidos Totales Volátiles	STV		Reuso y determinar el proceso más apropiado para su tratamiento
Sólidos Suspendidos Volátiles	SSV		Materia orgánica para procesos biológicos
Sólidos Disueltos Totales (TS-SS)	SDT		Las pruebas de SDT evalúan la adecuabilidad de las fuentes de agua para uso municipal, industrial o agrícola.
Sólidos Sedimentables ml/l			Para determinar aquellos sólidos que asentarán por acción de la gravedad en un periodo de tiempo específico, los datos de la prueba se utilizan para diseño de instalaciones de sedimentación.
◇ COLOR		Varios matices de amarillo, café claro, gris, negro.	Para evaluar la presencia de agentes colorantes naturales y sintéticos en el agua. Para evaluar la condición del agua residual (fresca o séptica)
◇ OLOR	CUMOD	Conocen umbral mínima de olor detectable	Para conocer septicidad o frescura del agua residual
◇ TEMPERATURA		°C	Para diseñar y operar sistemas de tratamiento biológico y de otro tipo; para determinar la concentración de saturación.

Cuadro 1.2 Análisis para determinar las impurezas físicas en agua y aguas residuales.

◇ Nutrientes aportados por actividades humanas.

El nitrógeno y el fósforo son esenciales para el crecimiento de plantas y animales. Por esta razón, a estos elementos se les conoce como nutrientes o bioestimulantes.

Desde el punto de vista de la calidad del agua son de interés:

NITRÓGENO ORGÁNICO

NITRATOS → NO₂

AMONIACO → NH₄

UREA → [CO(NH₂)₂]

NITRITOS → NO₂

NITRÓGENO(gas) → N₂

ORTOFOSFATOS	POLIFOSFATOS
Fosfato trisódico (Na_3PO_4)	Exametafosfato de sodio [$\text{Na}_2(\text{PO}_3)_6$]
Fosfato disódico (Na_2HPO_4)	Tripolifosfato de sodio $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$
Fosfato monosódico ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{PO}_4$)	Pirofosfato tetrasódico $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$
Fosfato diamónico [$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$]	Fósforo orgánico

Cuadro 1.3 Fosfatos Nutrientes.

(La concentración de fósforo en efluentes tratadas es de 10 a 20 mg/l)

◇ pH

Cuando se disuelven en el agua contaminantes que tienen grupos H u OH ionizable, el equilibrio entre H_2O y OH cambia y el valor del pH aumenta, (se toma más básico) o disminuye (se toma más ácido).

El pH es sumamente importante en la ingeniería sanitaria y ambiental, porque afecta las reacciones químicas y a los ecosistemas biológicos.

◇ Características Químicas

Materia Orgánica

La presencia de materia orgánica en el agua es indeseable porque:

- Puede producir olores.
- Puede impartir olores y sabores.
- Causa disminución de oxígeno disuelto en ríos y lagos.
- Interfiere con los procesos de tratamiento.
- Forma compuestos halogenados cuando se agrega cloro al agua con fines de desinfección.

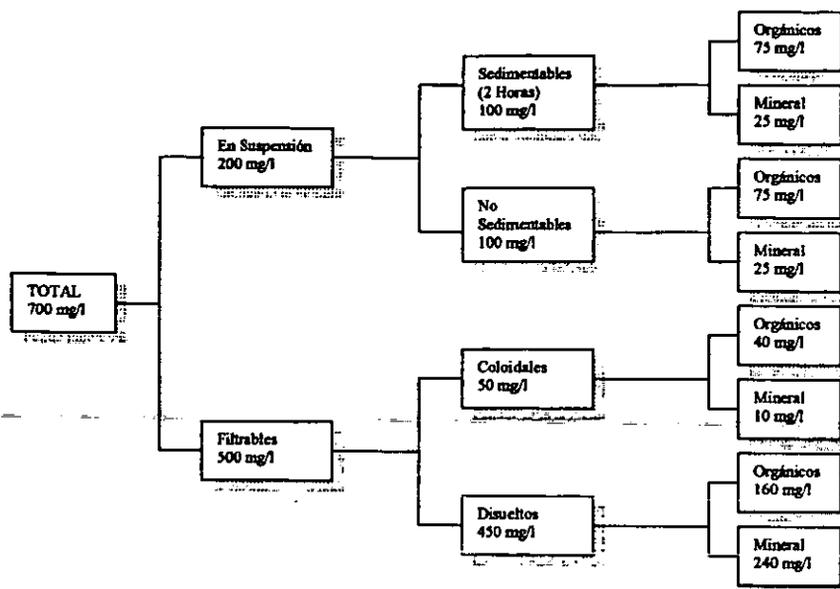


Figura 1.2 Clasificación promedio de sólidos presentes en aguas residuales domésticas.

Plaguicidas y Agroquímicos

En general se agrupan en cuatro categorías principales con base en su estructura molecular.

Hidrocarburos clorados . Aldrín, DDT

Organo fosforados - Malation

Carbamatos - Carbil

Derivados de Urea - Fenuron

Solventes Para Limpieza

Algunos de los compuestos orgánicos de esta categoría se sabe o se sospecha que son carcinógenos. Recientemente se han detectado en las aguas subterráneas en las proximidades de instalaciones industriales. Algunos de los más comunes son: Acetona, Benceno Alcohol metílico, Heptano, Tricloroelano.

Trihalometanos (Thm)

Se ha descubierto que el cloro que se utiliza para la desinfección de las aguas residuales, puede reaccionar con algunos de las sustancias orgánicas presentes para formar CLOROFORMO (un trihalometano) y otros hidrocarburos clorados.

Las sustancias orgánicas involucradas en la reacción con cloro se conocen como precursores. Se sospecha que estos compuestos son cancerígenos.

En general los THM se forman cuando elementos del grupo de los halógenos CLORO, BROMO, YODO reaccionan con las sustancias orgánicas.

Los principales THM de interés en aguas residuales

CLOROFORMO - CHCl_3

BROMODICLORAMETANO - CHCl_2BR

CLORODIBROMOMETANO - CHClBR_2

BROMOFORMO - CHBR_3

⇨ Características biológicas

Número mas probable de coliformes

Los indicadores para identificar la contaminación biológica, son los organismos coliformes totales, coliformes fecales y los estreptococos fecales.

Lo mas utilizado en México es la identificación de organismos coliformes por los métodos del número mas probable y el filtro de membrana.

La presencia de coliformes totales indica contaminación en general, ya que muchos de estos microorganismos pueden ser de origen vegetal, animal o humano, por lo que se hace

necesario continuar la prueba y determinar cuantos de los coliformes encontrados son de origen humano.

La presencia de coliformes fecales humanos o de estreptococos fecales no se utiliza para determinar la toxicidad de estos, sino como Indicador de contaminación por excreta humana, ya que las evacuaciones humanas siempre llevan bacterias patógenas procedentes de seres humanos enfermos o portadores asintomáticos de estas bacterias, es decir individuos que aunque no sientan síntomas de enfermedad en su intestino llevan las bacterias que pueden causar enfermedad (patógenas), se considera así, que si se encuentran coliformes, puede contener organismos causantes de muchas enfermedades.

Las características "promedio" de aguas residuales del tipo doméstico, se muestran a continuación, esto con el fin de que se tenga un parámetro de comparación si se tienen pocos muestreos o si los resultados de los antes mencionados varían ampliamente.

Determinación	Rango de Valores gr./capita x día
DBO ₅	45 - 54
DQO	1.6 a 1.9 x DBO ₅
Sólidos totales	170 - 220
Sólidos suspendidos	70 - 145
Sólidos disueltos	50 - 150
Grasas	10 - 30
Alcalinidad	20 - 30
Cloruros	4 - 8
Nitrógeno total	5 - 12
Orgánico	0.4 x N total
Amoniacal	0.6 x N total
Fósforo total	0.8 - 0.4
Orgánico	0.3 x P total
Inorgánico	0.7 x P total

Cuadro 1.4 Características de Aguas Residuales Domésticas.

⊕ Procesos y Operaciones Unitarias.

Debido a que al diseñar los procesos u operaciones unitarias, necesitamos de ciertos conceptos de hidráulica, así como de el saber que concepto se aplica para cada proceso u operación unitaria, se presenta un pequeño resumen de ellos, al igual que algunos otros datos importantes:

✧ Información Básica de Proyecto

Datos de proyecto

En los proyectos de aguas residuales los datos básicos de diseño son:

- Población actual y de diseño
- Dotación o preferentemente aportación
- Calidad del agua cruda
- Calidad del agua tratada
- Climatología
- Temperatura del agua y del aire
- Altura sobre el nivel del mar
- Destino o reuso del agua tratada
- Terreno disponible, superficie, topografía altura del nivel freático, tipo y capacidad de carga del terreno e idoneidad del mismo para construcción de bordos.

✧ Gastos de Diseño

El caudal de aguas residuales es un dato esencial para el diseño de la planta de tratamiento. También es primordial conocer las variaciones de dicho caudal para diseñar correctamente el funcionamiento hidráulico de la planta.

En el caso de no tenerse un estudio que nos indique los caudales en el emisor a través del tiempo, lo que nos permitiría conocer los gastos mínimo, medio, máximo instantáneo y máximo extraordinario de una población, se puede determinar la aportación de aguas residuales con base en el número de habitantes y del volumen que desalojan al día.

Al volumen de agua residual desalojada por habitante en el día, se le llama aportación y representa un porcentaje de la dotación. La Comisión Nacional del Agua tiene establecido en el Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento un porcentaje de 75%.

◇ Gasto Medio (Q_{med})

El gasto medio es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año. La CNA considera que el alcantarillado se debe construir hermético, por lo que recomienda que no se adiciona al caudal de aguas residuales el volumen por infiltraciones.

En función de la población, la aportación, el gasto medio de aguas residuales en la descarga se calcula con:

$$Q_{med} = A_p (P) \\ 86,400$$

Q_{med} : Gasto medio de aguas residuales en l /seg

A_p - Aportación de aguas residuales (0.75 dotación) en l / hab / día

P - Población en número de habitantes

86,400 - segundos que tiene un día.

Para localidades con zonas industriales que aportan al sistema de alcantarillado volúmenes considerables, se debe adicionar al Gasto Medio, el gasto de aportación de las industrias

◇ Gasto Mínimo (Q_{min})

El gasto mínimo Q_{min} , es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presenta en las descargas. Para efectos de cálculo se acepta que el valor del gasto mínimo es igual a la mitad del gasto medio.

$$Q_{min} = 0.5 Q_{med}$$

◇ Gasto Máximo Instantáneo (Q_{inst})

El gasto máximo instantáneo es el valor del máximo escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Para evaluar este gasto se consideran criterio ajenos a las condiciones socioeconómicas de cada lugar.

El gasto máximo instantáneo se obtiene a partir de un coeficiente propuesto por W.G. Harmon, conocido como coeficiente de Harmon (M)

$$M = 1 + \frac{14}{4 + (p)^{1/2}}$$

Donde P es la población servida en miles de habitantes. Este coeficiente de variación máxima instantánea, se aplica considerando que:

En poblaciones de 1000 o menos habitantes el Coeficiente M es constante e igual a 3.8 y para poblaciones mayores de 63,454 habitantes, el coeficiente M se considera constante e igual a 2.17 es decir se acepta que su valor a partir de esa cantidad de habitantes, no sigue la ley de variación establecida por Harmon.

Así, la expresión para el cálculo del gasto máximo instantáneo es:

$$Q_{\text{minst}} = M Q_{\text{med}}$$

Donde:

Q_{minst} : Gasto máximo instantáneo en l /seg.

M = Coeficiente de Harmon o de variación máxima instantánea.

◇ Gasto Máximo Extraordinario (Q_{mext})

Es el caudal de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como por ejemplo en la época de lluvias las bajadas de aguas pluviales de azoteas, patios, o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado. Este coeficiente varía de 1 a 2, normalmente se toma el valor de 1.5 sobre todo en las poblaciones donde la tubería no es hermética.

La expresión para el cálculo del gasto máximo extraordinario resulta

$$Q_{\text{mext}} = CSQ_{\text{minst}}$$

Donde:

Q_{mext} : Gasto máximo extraordinario en l /seg

CS: Coeficiente de seguridad, (1 a 2, generalmente 1.5), el criterio establecido por la C.N.A. es de 1.5

$$Q_{mext} = 1.5 Q_{minst}$$

Vertedor alivio	Q_{minst} y Q_{mext}
Bombco	Q_{minst} y Q_{mext}
Rejillas	Q_{minst}
Desarenador	Q_{minst}
Sedimentador Primario	Q_{med}
Sistema Biológico	Q_{med}
Tratamiento Terciario	Q_{med}
Cloración	Q_{minst}

Cuadro 1.5 Gastos de Diseño

◇ Objetivos del tratamiento

Los principales objetivos del tratamiento de aguas residuales son:

- a) Remoción de sólidos suspendidos y flotantes.
- b) Tratamiento de material orgánico biodegradable.
- c) Eliminación de organismos patógenos.

Una vez establecidos los objetivos del tratamiento para un proyecto específico, el grado de tratamiento puede determinarse comparando las características de las aguas residuales crudas con los requisitos de la calidad del efluente.

Para lograr el tratamiento deseado, pueden obtenerse alternativas con combinaciones de procesos que deberán evaluarse en sus aspectos constructivos, de adquisición de equipos, costos de inversión, operación y mantenimiento, simpleza operativa, disponibilidad de personal capacitado, área, topografía y características geológicas del terreno destinado para la construcción de la planta, para seleccionar la mejor alternativa que sirva para desarrollar el proyecto ejecutivo.

Los contaminantes orgánicos de las aguas residuales se remueven por medios biológicos las **operaciones** individuales comúnmente se clasifican como físicas y los **procesos** unitarios son químicos y biológicos.

Las operaciones unitarias comprenden:

Desbastado (cribado)

Mezcla

Floculación

Sedimentación

Flotación y

Filtración

Los procesos químicos son:

Precipitación

Transferencia de gases

Adsorción y

Desinfección

Los procesos biológicos:

Emplean actividad biológicas para la remoción de contaminantes orgánicos biodegradables.

En tratamiento de aguas residuales, al empleo de operaciones unitarias físicas se le denomina **TRATAMIENTO PRIMARIO**; si se incluye la mezcla y floculación se le llama **PRIMARIO AVANZADO** y a la utilización de procesos químicos o biológicos se les refiere como **TRATAMIENTO SECUNDARIO**.

CONTAMINANTES	OPERACIONES Y PROCESOS UNITARIOS
Sólidos suspendidos y flotantes	Sedimentación
	Cribado y desmenuzado
	Flotación
	Filtración
	Mezcla
	Floculación
Orgánicos biodegradables	Lodos activados
	Filtros rociadores
	Discos biológicos
	Lagunas de estabilización
	Lagunas aereadas
	Tanques sépticos
	Filtros anaerobios
	Tratamientos en medios naturales
Organismos patógenos	Cloración
	Hipocloración

Cuadro 1.6 Operaciones y Procesos Unitarios para Remover Contaminantes

Las operaciones y procesos mencionados en la tabla anterior se utilizan para el tratamiento del llamado TREN DE AGUA, que a su vez genera lodos con alto contenido orgánico, los cuales deben tratarse en el denominado TREN DE LODOS, para convertirlos en productos inocuos.

A continuación se presenta a manera de resumen, los tipos de tratamiento y una breve descripción de los sistemas y procesos en los que consisten.

Proceso de tratamiento	Descripción
Tratamiento preliminar y tratamiento primario	El tratamiento preliminar incluye remoción del material grueso por medio de rejillas, desmenuzado del material removido para su reintegración al agua por tratar y remoción de arenas, gravas y otros sólidos pesados inertes. El tratamiento primario abarca la sedimentación primaria, con aditivos coagulantes o sin ellos, y la remoción de sólidos flotantes y grasas; ocasionalmente se aplica cloro en esta fase.
Espumación	Se basa en la formación de espumas mediante inyección de aire y recolección superficial, con objeto de remover parcialmente la concentración de detergentes refractarios.
Tratamiento secundario	
Lagunas de estabilización	En ellos se produce la oxidación biológica de las aguas residuales mediante procesos aerobios caso en el cual se denominan de <u>oxidación o aerobias</u> ; aerobios y anaerobios en la lagunas <u>facultativas</u> o totalmente anaerobios. Básicamente, la oxigenación es generada por procesos fotosintéticos de las algas microscópicas bajo la acción solar, este proceso es sensible a la temperatura, la relación precipitación - evaporación, la insolación y la velocidad del viento. En su diseño debe cuidarse que el tiempo de retención, de unos treinta días, no se vea perjudicado por la ocurrencia de cortos circuitos de flujo. Normalmente tienen tirantes de 1 a 1.5 metros.
Lodos activados	Se basa en la formación de un sistema biológico, en el cual los sólidos orgánicos contenidos en las aguas residuales sirven de alimento a una mas microbiana en un medio suspendido y provisto de oxigenación adecuada; se complementa con sedimentación secundaria, para la remoción de los sólidos biológicos y la recirculación de una parte de los mismos. Tienen distintas variaciones como las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Flujo de pistón: el suministro de aire a lo largo del reactor es variable. ▪ Mezcla completa: las concentraciones de alimento, microorganismos y aire son uniformes en el reactor de aereación ▪ Aereación por pasos: el influente y el aire son introducidos al reactor en distintos puntos del proceso. ▪ Oxigenación con oxígeno puro: permite el ingreso de mayores cargas o la disminución del tiempo de retención. ▪ Aereación extendida: se diseña con mayores tiempos de retención hidráulicos, y opera con altas concentraciones de sólidos en una mezcla completa, produciendo un efluente nitrificado y lodos más estables ▪ Zanjas de oxidación: representan una variación del sistema de aereación extendida, con agitación mecánica y oxigenación por difusión. <p>Los sistemas de aereación extendida resisten mayores fluctuaciones en la carga orgánica o hidráulica, son de fácil operación y producen lodos mineralizados, aunque pueden tener alto consumo de energía, en todos los procesos de lodos activados, la sedimentación eficiente es esencial para un desempeño adecuado del sistema.</p>
Filtros percoladores o rociadores	Es un sistema biológico de medio fijo, en el cual el agua residual se hace percolar a través de un lecho de piedras o elementos plásticos, en la superficie de los cuales se forma una película bacteriana que aprovecha la materia orgánica del influente, se acompaña de un sedimentador secundario, del que puede hacerse recircular parte del gasto al filtro. El sistema es fácil de operar, es posible atenuar mediante la recirculación, los choques de carga orgánica influente
Discos Biológicos	Es el segundo sistema usual de medio fijo; en este, un sistema rotatorio de discos, construidos en material plástico, se encuentra sumergido parcialmente en las aguas residuales, formando una película biológica en su superficie. En este sistema no hay recirculación

Cuadro 1.7 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.

Proceso de Tratamiento	Descripción
Tratamiento terciario	
Nitrificación	Consiste en oxidar el nitrógeno amoniacal a nitrógeno de nitratos, mediante el empleo de procesos de tratamiento biológico en reactores mezclados, con tiempos de retención y manejo de concentraciones de sólidos adecuados, o mediante procesos de dos pasos, para remoción de materia carbonácea y de nitrógeno respectivamente. Requiere, además, de mayor control de la calidad de agua influente.
Denitrificación	Es un proceso en el que el nitrógeno de nitratos es reducido a gas nitrógeno, evitando la oxigenación de la mezcla o, incluso inyectándole metanol como fuente complementaria de carbono.
Coagulación sedimentación	Consiste en: <ul style="list-style-type: none"> • Adición de coagulantes químicos a las aguas residuales para remoción de contaminantes mediante precipitación. • Mezlado rápido de los productos químicos con el agua. • Mezlado lento para permitir la formación de flóculos <p>Y</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación sin ninguna mezcla para separar los flóculos formados. <p>Se emplean como coagulantes: cal, sales de aluminio, sales de fierro, y polímeros. Es un proceso complicado en su operación y mantenimiento, y depende más del control adecuado del proceso químico que de la calidad del influente.</p>
Filtración	El efluente de otro proceso se hace percolar a través de un medio filtrante granular, por gravedad o por bombeo, hasta que este se obstruye y es necesario efectuar un retrolavado. Los medios filtrantes se componen de dos o más lechos distintos; se utilizan para el efecto arena, antracita, carbón activado y resina. Se requiere de un monitoreo cuidadoso de la calidad del efluente.
Recarbonatación	Consiste en añadir CO ₂ al agua tratada previamente con cal, con objeto de reducir su pH y evitar posterior sedimentación de depósitos de calcio. Puede llevarse a cabo también añadiendo un ácido débil, aunque así no se logra la remoción del calcio del efluente. Su operación no es complicada.
Adsorción con carbón activado	El agua percola en un medio de carbón activado, en el que la materia orgánica soluble es adsorbida en los poros de las partículas de carbón hasta que este pierde su capacidad de adsorción requiere de regeneración o sustitución periódica no de retrolavado.
Separación de amoníaco	Permite la remoción de nitrógeno en forma de amoníaco gaseoso mediante la agitación de la mezcla en presencia de aire y con valores altos de pH (mayores a 10.5); puede presentar eficiencias bajas a temperaturas bajas y depósitos de carbonato de calcio.
Intercambio iónico selectivo	Es un proceso a través del cual iones de una clase dada son desplazados de un material de intercambio insoluble por iones en solución, de una clase diferente a la de los primeros. Requiere de la regeneración periódica, de la capacidad de intercambio selectivo del material, por ejemplo resina.
Cloración a punto de quiebre	Consiste en la dosificación de cloro para oxidar la materia orgánica nitrogenada hasta lograr mantener cloro residual libre; se aplica como complemento a otros sistemas de remoción de contaminantes orgánicos y nutrientes.
Ósmosis inversa	Consiste en la inversión del proceso de ósmosis mediante la aplicación de presión en el lado de mayor concentración de sales; puede presentarse taponamiento de la membrana, por lo que se utiliza para efluentes con alto grado de tratamiento previo.

Cuadro 1.7 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (cont.).

<i>Proceso de Tratamiento</i>	<i>Descripción</i>
Desinfección	
Cloración	Se utiliza cloro como oxidante para desinfectar las aguas residuales tratadas, monitoreando el cloro residual para controlar la dosificación. Su eficiencia depende de diversos factores. En ocasiones es necesario clorar los efluentes, mezclándolos con dióxido de azufre.

Cuadro 1.7 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (cont.).

⊕ Situación Actual en México:

No hay duda que las características naturales del territorio se han visto afectadas por el proceso de urbanización e industrialización que ha vivido el país. Lo muestra el hecho de que los principales focos de contaminación y deterioro de los ecosistemas, se localizan en las más importantes ciudades y puertos industriales o tienen origen en ellos, afectando las cuencas hidrológicas y los diversos ecosistemas. Debido a estas tendencias se observan ya insuficiencias críticas de agua limpia en algunas regiones, en consecuencia, su obtención tendrá un costo cada vez más elevado. Además los mayores centros de población y de producción industrial se encuentran arriba de los 500 m.s.n.m.

En las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara se generan 46, 8.5 y 8.2 metros cúbicos de aguas residuales respectivamente. En conjunto equivalen al 34% del total nacional estimado en 184 metros cúbicos por segundo; de estos, 105 corresponden a descargas municipales y 79 a descargas industriales.

A escala nacional se genera una descarga contaminante de materia orgánica total, medida en términos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), de 2.4 millones de toneladas por año; que corresponden 36% al ámbito municipal y 64% al industrial.

En el sector industrial, de acuerdo con los índices de extracción, consumo y contaminación de agua, se ha configurado en 39 grupos, de los cuales 9 son los que producen la mayor cantidad de aguas residuales: azúcar, química, papel y celulosa, petróleo, bebidas, textiles, siderúrgica, electricidad y de alimentos. Estos 9 grupos arrojan el 82% del total de aguas residuales de origen industrial. Destacan la industria azucarera y la química, con el 59.8% del total.

Son 31 las cuencas que reciben el 91% de la materia orgánica de las aguas residuales generadas en el país. El nivel de importancia de las cuencas se determinó de acuerdo a la superficie, el volumen de escurrimiento medio anual, el área bajo riego, el valor económico, la población aledaña, los municipios circundantes y las descargas de aguas residuales. De las cuencas más severamente dañadas, cinco merecen una atención especial, en virtud de los grandes centros de desarrollo económico asentados a sus alrededores, ellas son: Lerma - Santiago, Pánuco, Balsas, San Juan y Blanco.

Los puertos industriales y turísticos, así como las zonas costeras del país constituyen también zonas con alto nivel de contaminación del agua, al verse afectadas por el vertido de aguas residuales municipales e industriales sin tratamiento ni control adecuado. A esto se le agrega la carencia o manejo inapropiado de los sistemas de recolección y disposición de los residuos sólidos. Acapulco, Coatzacoalcos, Ensenada, Salina Cruz, Lázaro Cárdenas y Villahermosa, entre otros puertos requieren particular atención para frenar y revertir el nivel de contaminación de sus aguas costeras.

La Comisión Nacional del Agua reportó en 1997, la existencia de 808 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, con una capacidad total de 54.9 metros cúbicos por segundo; y 177 plantas de tratamiento de aguas residuales de origen industrial, con una capacidad aproximada de 12 metros cúbicos por segundo. De lo anterior se deriva que, la descarga total de aguas residuales municipales, sólo se trata el 24.3% de la cual aproximadamente la mitad se reutiliza. De las aguas residuales industriales, únicamente se trata el 15.5%. Cabe aclarar que esas cifras son estimadas según la capacidad instalada y que no todos los sistemas de tratamiento están en operación. Ver cuadro 1.8

Estado	Número de Plantas Construidas	Capacidad Instalada [lps]	Número de plantas operando	Gasto Instalado [lps]
Aguascalientes	94	2462	79	1968.1
Baja California	10	2495	10	2755
Baja Calif. Sur	18	1028.4	17	586.8
Campeche	11	123.36	11	36.61
Coahuila	13	912.5	7	675
Colima	23	487	16	304.2
Chiapas	6	108.72	0	0
Chihuahua	18	1404	18	642.2
Distrito Federal	24	5978	22	3379
Durango	43	2704.4	39	2047
Guanajuato	9	1665	2	790
Guerrero	13	1829	13	1443
Hidalgo	5	148.36	1	14.88
Jalisco	69	3222.98	51	1726.01
Estado de Méx.	17	2580	17	1225
Michoacán	13	1224	10	531
Morelos	30	1314.9	20	810
Nayarit	48	1806.8	32	986.7
Nuevo León	28	8821	27	6002
Oaxaca	22	755.74	17	313.1
Puebla	11	339.4	8	173.9
Querétaro	13	834.2	12	298.2
Quintana Roo	14	1188	12	790.91
San Luis Potosí	12	423	4	285
Sinaloa	15	1031	10	1030
Sonora	64	2394.7	46	1432.7
Tabasco	23	1068.2	19	843.5
Tamaulipas	14	2148	11	1719.1
Tlaxcala	33	878.8	23	679.22
Veracruz	61	3331	43	1694
Yucatán	8	29.3	8	14.5
Zacatecas	26	247	10	164
Nacional	808	54983.76	615	35340.63

Cuadro 1.8 Inventario nacional de plantas de tratamiento de aguas residuales (1997).

El crecimiento industrial y urbano, así como la extensión de las áreas de riego, ha provocado el deterioro de una gran parte de las aguas superficiales y, en algunos casos, de aguas subterráneas del territorio nacional. Esta situación tiende a agravarse como consecuencia de que el control de la contaminación no crezca en la misma proporción que el desarrollo del país.

Se estima que la disponibilidad de agua de la República es de aproximadamente 410 mil millones de metros cúbicos por año, de los cuales actualmente se utiliza el 46% y que, hacia el

año 2000, debido al incremento previsto en la generación de energía eléctrica, la agricultura y la industria, se aprovechará el 95%. Todo esto sin contar que algunas zonas de la República Mexicana han rebasado ya su disponibilidad regional y, en consecuencia, sobreexplotan el recurso, con la necesidad de importar, adicionalmente, agua de lugares apartados. Este es el caso de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, de la ciudad de Guadalajara, o de Guaymas, que importará próximamente agua del acuífero de Boca Abierta y de la cuenca del río Yaqui.

Por lo anterior, y ante la existencia de grandes volúmenes de agua contaminada que representan un problema tanto en la actualidad como en el futuro, se requiere la búsqueda inmediata de soluciones. Entre éstas, el reuso tiene el atractivo de ser una forma de disposición de los residuos sólidos al mismo tiempo que ayudaría a disminuir las carencias de aguas blancas en diversas zonas del país.

En realidad, el uso de las aguas residuales crudas municipales en riego agrícola se ha venido practicando desde hace mucho tiempo en zonas áridas, donde el agua es un bien escaso o en áreas donde existen problemas de competencia por el recurso, y en virtud de que, además, significa la adición de nutrientes y materia orgánica.

El Valle de México y la región de Tula, Hgo., tienen áreas de riego en las que se aprovechan unos 30 m³/seg. de aguas residuales provenientes de la Ciudad de México. Con estas aguas se riegan alrededor de 4,000 ha. en Tula, Hgo., Chiconautla, Méx., y Xochimilco, D.F. Estos aprovechamientos utilizan un volumen aproximado de solamente el 50% del escurrimiento debido a la falta de un almacenamiento adecuado la reutilización del agua con fines industriales en el Valle de México es reducida a la fecha, pues se limita a las plantas termoeléctricas del Valle de México, que operan con un sistema de lodos activados que tratan 850 l/seg. de agua del Gran Canal del Desagüe y los emplean con fines de enfriamiento; la refinería Miguel Hidalgo en Tula, Hgo., que cuenta con un sistema biológico para 625 l/seg. de agua residual que se emplea también para enfriamiento y, en menor grado, la planta de tratamiento en las cercanías de San Juan Ixhuatepec, que sirve a varias industrias aledañas, con un caudal de 160 l/seg. captado del río de los Remedios. Se ha recurrido también a la instalación de un distrito de reuso del agua en Lechería, Estado de México, pero desafortunadamente no ha empezado a operar después de dos años de construido.

En Monterrey existen siete plantas, pertenecientes a empresas privadas con una capacidad combinada de 1,700 l/seg., para reuso industrial. En la parte centro, norte y noreste del país, existen zonas cuyo desarrollo agrícola o industrial han rebasado la disponibilidad del recurso hidráulico, por lo que se presentan conflictos en el uso del agua. Entre las regiones que sería conveniente considerar para favorecer el reuso del agua como medida para resolver dichos conflictos se encuentran: León, Gto., Monterrey, N.L., Puebla, Pue., Querétaro, Qro., Salamanca, Gto., San Luis Potosí, S.L.P., Tepic, Nay., Zacatecas, Zac., y Zamora, Mich. La opción del recurso en estas zonas no debe considerarse en forma aislada sino en paralelo con otras que permitan incrementar el rendimiento del recurso hidráulico.

Entre las acciones que serían convenientes para lograr que se alentara el reuso del agua en las zonas con mayores conflictos, conviene mencionar: el establecimiento y reglamentación de criterios técnicos de calidad para el reuso de aguas residuales; promover la complementación y rehabilitación del sistema de alcantarillado, como acción necesaria para la captación de las aguas residuales; impulsar el empleo de técnicas de riego que permiten obtener un mayor rendimiento del agua en las zonas áridas o con conflictos de uso; y promover el reuso del agua en la industria por medio de alicientes y/o sanciones, de modo que se liberen aguas blancas en la mayor proporción posible. Las estrategias mencionadas en la sección correspondiente al ahorro del agua, incluyendo el pago justo por el recurso.

⊕ Metas del Gobierno

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

Para esto, se definieron tres horizontes de planeación: corto (1990-1994), mediano (1995-2000) y largo plazos (2000-2010).

◇ **Objetivos**

- Incrementar, en el corto plazo, el suministro de agua renovada para riego y usos industriales que no requieran el recurso con calidad similar a la del agua potable
- Producir agua tratada cuya calidad FQB, permita utilizarla en recarga de acuíferos y usos domésticos
- Optimar, tanto cuantitativa como cualitativamente el uso del agua
- Reducir la sobreexplotación de los acuíferos
- Disminuir la dotación promedio de agua potable, sustituyéndola por agua renovada

◇ **Políticas**

- Aprovechar, en la medida que sea económicamente viable, la actual infraestructura de producción y distribución de agua tratada
- Llevar a cabo la rehabilitación y mantenimiento preventivo de las plantas de tratamiento de aguas residuales
- Impulsar la capacitación del personal encargado del tratamiento de aguas residuales
- Ampliar la cobertura de agua renovada a usuarios potenciales convencionales, mediante patrones de suministro eficientes
- Estimular el desarrollo de la investigación que permita ampliar los usos no convencionales del agua residual tratada
- Estudiar opciones de administración del sistema de tratamiento y reuso que favorezcan la eliminación de subsidios y propicien implantar esquemas de concesión del sistema de tratamiento de aguas residuales

- Hacer efectiva la legislación que establece las condiciones de descarga de aguas industriales al sistema de drenaje

◇ Metas

Corto Plazo

Con base en el Programa Operativo Anual 1990-1991 y del Programa para el Rescate de la Zona Lacustre de Xochimilco - Tláhuac 1989 - 1991 de la DGCOH, así como en los criterios de crecimiento presentados, se proponen las siguientes metas en el corto plazo.

- Construcción de 67 km de líneas de agua tratada
- Construcción de cuatro plantas de bombeo de agua tratada de 150 l/s cada una
- Construcción de plantas de tratamiento:
 - Planta de tratamiento en la Delegación Milpa Alta
 - Planta de tratamiento en la Delegación Tláhuac
 - Tercer módulo de la Planta San Juan de Aragón (500 l/s)
 - Tercer y cuarto módulos de la planta Cerro de la Estrella (1,000 l/s cada uno)
 - Segundo y tercer módulos de la planta San Luis Tlaxiátemalco (75 l/s cada uno)
- Rehabilitación y equipamiento de las plantas de tratamiento y optimación en su calidad.
 - Adicionar a las plantas de Cerro de la Estrella, Azcapotzalco y Coyoacán, los procesos de espumación, coagulación-floculación y filtración

- Instalar unidades de espumación, coagulación-floculación, filtración y adsorción en carbón activado, a las plantas de San Juan de Aragón y Ciudad Deportiva
- Agregar los procesos de espumación y filtración a las plantas de Acueducto de Guadalupe, Tlalotelco y Chapultepec
- En la rehabilitación se incluyen las plantas Reclusorio Sur y Colegio Militar.

Como complemento al Programa Operativo Anual 1990-1991 se propone:

- Realizar cursos teórico – prácticos para capacitar operadores que manejen adecuadamente las plantas del sistema de tratamiento de aguas residuales
- Terminar la elaboración de manuales de operación de las plantas del sistema e implantar su utilización
- Iniciar en el pozo San Luis, estudios piloto, tanto para la determinar el comportamiento del suelo durante la inyección de agua renovada, como para monitorear los cambios que presente en su calidad FQB, a lo largo del proceso
- Equipar y adecuar los laboratorios de las plantas de tratamiento del sistema, para poder realizar análisis de los efluentes.
- Fortalecer el Laboratorio Central de la DGCOR, para poder determinar el nivel de confiabilidad requerido para el agua usada en recarga de acuíferos y usos domésticos
- Utilizar el agua de los afloramientos subálveos de la zona de Santa Ursula – Coapa en Coyoacán
- Establecer las bases para reorganizar el sistema de tratamiento y reuso, tomando en cuenta la participación de empresas privadas

- Llevar a cabo la rehabilitación necesaria de las plantas del sistema para garantizar la producción actual de 1,899 l/s, estableciendo medidas de operación y mantenimiento adecuadas.

Mediano Plazo

Las metas propuestas para el mediano plazo son:

- Construcción de 80 km de líneas de agua tratada, incluyendo las interconexiones propuestas
- Construcción de seis plantas de bombeo de agua tratada de 150 l/s cada una
- Construcción de los módulos 4 y 5 de la planta de San Luis Tlaxialtemalco
- Rehabilitación y equipamiento de las plantas de tratamiento para operar a su capacidad nominal y una con la calidad establecida en el corto plazo
- Recarga de acuíferos con base en el Programa de la DGCOH, con cinco baterías operando con ART y con agua pluvial.
- Construir tanques de almacenamiento cercanos a las plantas de tratamiento, con una capacidad total de 318,000m³ para regular, durante 12 horas, el caudal de aguas renovadas y optimar su distribución.

Largo Plazo

- Abatir el consumo de agua potable en 30%, sustituyéndola por agua renovada
- Concesionar a particulares la administración y operación de sistemas de tratamiento y reuso, responsabilizándolos de la comercialización del agua residual tratada

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

Entre las principales metas de las autoridades competentes, se tienen dos como principales en lo que a materia de agua respecta, la primera es detener el deterioro ambiental provocado por la contaminación de los mantos acuíferos, lo que a su vez provoca la disminución en la calidad de salud de todos los habitantes de México, ya sea de manera directa o indirecta; directa por toda la gente que tiene contacto con los canales, drenajes, obras por donde circula agua residual sin tratamiento, y de manera indirecta por el riego clandestino de hortalizas y huertos con agua residual sin tratar provocando que los efectos de la contaminación se vean esparcidos a todo lo largo de la zona de distribución de dichos alimentos, la cual puede ser de grandes dimensiones.

La segunda, detener la sobreexplotación de mantos acuíferos, sobre todo en el norte y centro de la república mexicana, acción que ha provocado deterioros irreversibles (como la intrusión salina) y otros no tan graves pero sí muy costosos como el hundimiento diferencial del subsuelo.

Al parecer, lo que las autoridades competentes están tratando de hacer es construir plantas de tratamiento de aguas residuales a todo lo largo y ancho de la república mexicana, cumpliendo así con su parte de la lucha pero se ha olvidado de otro aspecto, como es la falta de recursos económicos, concientizar a la comunidad y a los industriales, de que mientras más sustancias dañinas en cantidad y variedad se viertan a los drenajes y por ende a los cuerpos receptores, más difícil y caro va a ser el tratamiento de dicha agua y sus efectos en el ambiente van a permanecer por más tiempo. Esta parte de concientización va a ser la más difícil, ya que desde pequeños se nos ha enseñado que algo que ya no sirva, desde el más diminuto de los higiénicos, hasta el más degradado aceite de automóvil, tienen cabida en una atarjea, ya que lo que suceda después de ahí ya no tiene efectos en nuestra persona.

Esto está provocando que la calidad de las aguas residuales crudas que alimentan a las plantas de tratamiento, estén sufriendo cambios drásticos que afectan los procesos, la operación del sistema y la calidad del agua renovada. En la medida que exista control en las

aguas residuales que se vierten al alcantarillado, se podrán mejorar los procesos de tratamiento.

⊕ Principales Problemas

Existen muchos y variados aspectos que no permiten el desarrollo completo de los planes que se tienen para el Tratamiento de las Aguas Residuales, lo cuales podemos resumir en:

◇ Aspectos Legales/Institucionales

Es fundamental cumplir con el reglamento relativo a las condiciones de descarga de aguas residuales industriales en el sistema de alcantarillado, lo que incide en las aportaciones a los cuerpos receptores. De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, corresponde al Departamento del Distrito Federal aplicar las normas técnicas que expidan la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) y la Secretaría de Salud, para regular las descargas de agua al sistema de drenaje y alcantarillado.

El aplicar medidas de control traerá como consecuencia el incremento del reciclaje de las aguas residuales tratadas en el sitio donde se generan, ya que para verterlas al alcantarillado es necesario adecuarlas, lo que implica un costo considerable por lo que se preferirá aprovechar esta agua renovada, a tirarla.

Así mismo, es necesario reglamentar el reuso del agua, de tal manera que sea obligatorio usar agua renovada en toda actividad que no requiera de calidad potable.

Por otra parte, de acuerdo con el Programa de Desarrollo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y de la Región Central, es indispensable modificar los criterios de abastecimiento de agua para asegurar el aprovechamiento óptimo de las actuales fuentes e incorporar proyectos con mayor factibilidad económica y social, asegurando al mismo tiempo, la protección de los ecosistemas.

El programa mencionado señala que la opción a mediano plazo, es iniciar cambios en el esquema de abastecimiento, incorporando a la oferta del líquido pequeños volúmenes

provenientes del Valle de México, cuya explotación sea factible; efectuar con el reuso y el tratamiento de las aguas residuales, el intercambio de agua potable que se dedica hoy en día a riego y a usos industriales. Las acciones resultantes de esta estrategia requieren las siguientes vertientes de instrumentación del Sistema Nacional de Planeación :

Obligatoria: por parte de la SEMARNAP, a través de la Comisión Nacional del Agua (CNA), la SESA y el GDF

Coordinada: por parte del Gobierno del Estado de México y los ayuntamientos de los municipios conurbados

Inducida y concertada: por parte del sector industrial.

La instrumentación no se ha logrado de acuerdo con las líneas estratégicas planteadas. Es fundamental impulsarla.

❖ Aspectos Económicos

El primer motivo para escoger la opción de reuso de agua, es el económico. En general, la barrera fundamental que afecta a los usuarios potenciales, es que el uso de agua renovada es generalmente más costoso que otras opciones de suministro. Esto está sucediendo en la Zona Metropolitana del Distrito Federal.

Los subsidios sistemáticos en los programas de ampliación del sistema de abastecimiento de agua, y las tarifas, que no reflejan los costos del servicio, impiden que se incremente la demanda de agua renovada. A medida que se restrinja el uso de agua potable en aplicaciones que no requieran esta calidad, y que el valor del recurso cubra realmente el precio del servicio, se tendrá la necesidad de solicitar agua renovada.

❖ Aspectos Financieros

El sistema de abastecimiento de agua del Distrito Federal, se ha financiado en los últimos años principalmente con recursos fiscales federales asignados al desarrollo de la ampliación de la infraestructura de producción y distribución, limitándose la inversión para mejorar el sistema de tratamiento y reuso, donde es muy fuerte la carencia de recursos para el mantenimiento, rehabilitación o reposición de la infraestructura existente. A esto se agrega

que no se ha dado la atención debida a los esquemas de recuperación del costo de los servicios.

Como parte del sistema de abastecimiento de agua, el programa de tratamiento y reuso requiere la estructuración y fortalecimiento de un soporte financiero tanto federal, como del gobierno del Distrito Federal y los usuarios, a fin de mejorar la infraestructura de producción de agua renovada y de ampliar y mantener la de distribución; vía tarifas se deben recuperar los costos.

◇ Aspectos Sociales

Es necesario desarrollar un sistema de información al público sobre los objetivos, beneficios, estructura y medios de control del programa de reuso de agua, dosificándolo de acuerdo con la confiabilidad que merezca el programa, y obtener respuesta por medio de encuestas, en cuanto a la aceptabilidad y apoyo de los distintos grupos sociales.

Esta actividad se debe sustentar, a su vez, en organizaciones de ciudadanos y en las instituciones relacionadas con el programa de reuso, como SEMARNAP, la SESA y la SARH, de manera de ir logrando avances paulatinos pero sistemáticos.

◇ Aspectos Administrativos

Las limitaciones que tienen la administración y operación del programa de tratamiento y reuso, reflejan la estructura organizativa de los servicios de agua potable y alcantarillado del Distrito Federal, donde resalta la dispersión de funciones relacionadas con los servicios en diversas dependencias, lo que crea ineficiencias que en última instancia, afecta a los usuarios.

El programa de tratamiento y reuso podrá mejorar los aspectos financieros y comerciales en la medida que se logren integrar los servicios de agua potable y de alcantarillado en una sola unidad, con los componentes técnico, administrativo y financiero.

Es conveniente concesionar la administración y operación del sistema de tratamiento y reuso a particulares, como se viene haciendo en las diferentes plantas de tratamiento del Distrito Federal, donde un grupo privado administrará y operará el sistema, con el compromiso de

rehabilitar y construir la infraestructura necesaria para la distribución del agua renovada. Así mismo se responsabiliza de su comercialización, con base en tarifas aprobadas por la DGCOH.

Otra limitación que viene acarreado la administración y operación del sistema de tratamiento y reuso, es la falta de personal técnico capacitado y actualizado en los distintos niveles que requiere el control del sistema, así como su corta permanencia en el empleo por la escasa remuneración, que no siempre corresponde al grado de responsabilidad de los puestos.

Es necesario mejorar los cuadros técnicos mediante el apoyo e impulso a programas para la formación de personal calificado, y a través de la estructuración y consolidación de un sistema de trabajo, que permita que el empleado se arraigue y haga carrera en el organismo administrador de los servicios de agua potable y alcantarillado del Distrito Federal.

❖ Aspectos Técnicos

En los últimos años la DGCOH realizó estudios básicos y proyectos de demostración que han permitido un mejor conocimiento para la evaluación y control de la calidad de las aguas, la efectividad de distintos procesos de tratamiento los posibles impactos en la salud y el ambiente, las medidas de control en la operación de las plantas, etc., que son un soporte y un medio para impulsar el sistema de tratamiento y reuso.

Para efectuar la evaluación y control de la calidad de las aguas residuales y de las renovadas, se desarrollaron e implantaron los Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Agua Residual y Residual Renovada SIVCAR y SIVCARRen, respectivamente mediante la organización del Laboratorio Central de Control, donde se establecieron técnicas de muestreo de aguas, técnicas analíticas para detección y cuantificación de constituyentes, trazas, o no convencionales.

Así mismo, se han determinado criterios para sancionar la calidad de las aguas renovadas, y se tiene un mejor conocimiento de la relación existente entre la calidad de las aguas residuales, la precipitación pluvial y la operación del sistema de drenaje.

Los resultados que se han obtenido, muestran la alteración de la calidad del influente en algunas plantas debido a las descargas industriales; esto permite prever modificaciones a los procesos de tratamiento para obtener la calidad deseada en los afluentes.

Con el fin de identificar posibles impactos a la salud, se han desarrollado metodologías para realizar estudios socio - epidemiológicos que conduzcan a evaluar la incidencia de las aguas residuales en enfermedades gastrointestinales infecciosas y parasitarias.

A partir de esos estudios se conocen los casos de estas enfermedades que se presentan en cada delegación política, aunque para obtener una interrelación entre los factores que provocan efectos negativos en la salud se requieren estudios más específicos. Así mismo, se tienen detectadas en el Distrito Federal, zonas críticas con bajos niveles de salud, donde se deben mejorar los servicios de saneamiento básico.

Para efectuar la evaluación y el control de procesos de tratamiento de aguas residuales, se realizan estudios en modelos a escala laboratorio y en plantas piloto, que han generado una amplia información para establecer las condiciones de control necesarias para cumplir con los requisitos de calidad de agua renovada, según su uso. Esto permitió preparar una serie de manuales de operación de las plantas de tratamiento biológico, fundamentales para alcanzar y sostener los niveles deseables de confiabilidad en las aguas renovadas.

El conocimiento que se tiene de las eficiencias y limitaciones de procesos de tratamiento avanzados, permite establecer programas que por una parte, coadyuven a impulsar determinadas tecnologías en el país y por otra, fijar escenarios realistas para incrementar diversificar el reuso del agua.

Respecto a la recarga artificial de acuíferos, se avanza satisfactoriamente en los estudios geohidrológicos para localizar sitios y estructuras que permitan plantear procedimientos adecuados para dicha recarga, con aguas renovadas. La factibilidad de ésta, se da en función del procedimiento para llevarla a cabo, las zonas con geología apropiada, la cercanía a líneas de conducción de agua renovada y la calidad del agua tratada y del agua subterránea.

La evaluación realizada hace promisorio la aplicación e implantación paulatina y sistemáticamente la recarga de acuíferos con importantes caudales tanto de agua de lluvia,

como de agua renovada, para lo cual se requiere un programa financiero consolidado y ágil, lograr superar las barreras que presenta el sistema de control de calidad de las aguas renovadas, y reestructurar los procesos de tratamiento de las plantas en operación, que se asignen para tal fin, de manera de producir agua con una calidad acorde con el procedimiento de inyección; esto es, tratamiento avanzado para aguas que se inyecten y tratamiento secundario para aguas que se infiltren a través de enlagonamientos.

El planteamiento de acciones que considera el programa, permite reiterar una vez más la necesidad de aplicar las medidas de intercambio de agua renovada por agua de primer uso, que en el caso de la Zona de Chalco, se propuso hace ya tiempo, y no se ha llevado a cabo. Es indispensable voluntad política para instrumentar tal acción.

El programa considera también, emplear parte del agua renovada que no se aproveche en época de lluvias para la recarga artificial de acuíferos, a través de pozos con mala calidad de agua, que actualmente se destinan para riego agrícola.

Obviamente estas acciones ayudarán al rescate de la Zona Lacustre, pero será un esfuerzo inútil mientras no se realice un saneamiento básico integral que evite las descargas puntuales y basura a los canales, y que recupere la calidad de las corrientes afluentes a dichos canales.

Lo expuesto hasta aquí, muestra que el incremento en la demanda de agua renovada en el Distrito Federal para el corto plazo, se dará principalmente en la Zona Lacustre de Xochimilco-Tláhuac-Mixquic, y posiblemente, en la Zona de Chalco. El reuso para recarga artificial y en la industria, será importante si se hacen fuertes inversiones y se establecen y aplican los reglamentos que se han comentado.

■ Legislación en Materia de Tratamiento de Aguas Residuales.

En México, el Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos del año de 1955, ya contemplaba el problema de la contaminación de las aguas e indicaba acciones para proteger la salud de los habitantes de nuestro país.

Posteriormente, la Secretaría de Salubridad y Asistencia logró en que se promulgara la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación; basado en esta ley se expidió el "Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación de las Aguas", el que actualmente sigue vigente, con algunas modificaciones, como parte de la actual Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente, que junto con la Ley de Aguas Nacionales son las que actualmente rigen la política ambiental.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos		<ul style="list-style-type: none"> ● Art. 4. La Salud ● Art. 27 Aguas, propiedad nacional ● Art. 73 Consejos de salubridad ● Art. 115 Municipios 	
Leyes	Federales	● Aguas Nacionales	Art. 85 al 96
	Generales	<ul style="list-style-type: none"> ● Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente. ● Salud 	Art. 117 al 133 Art. 116 118 y 122
Reglamentos		<ul style="list-style-type: none"> ● Aguas Nacionales ● Prevención y control de la contaminación del Agua ● Establecimientos y Servicios 	
<ul style="list-style-type: none"> ● Criterios ● Normas Oficiales Mexicanas ● Normas Mexicanas (NMX) 		<ul style="list-style-type: none"> ● Calidad del agua ● Descargas, muestreo del agua potable 	001 - 002 - 003 - 004 - 005

Cuadro 1.9 Jerarquía de las Leyes en México.

En nuestro país, la normatividad tiene su origen en nuestra Carta Magna, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la que en sus artículos 4° (protección de la salud), 27 (propiedad, ciudad y conservación de las aguas y recursos nacionales) y 73, fracción XVI (consejos de salubridad general) norma de la política ambiental a seguir para proteger la salud y el ambiente; además en su artículo 115 da la responsabilidad a los Municipios del manejo de las aguas residuales en las poblaciones, ya que según los juristas, las aguas que maneja el municipio (agua potable en los sistemas y las aguas residuales en el alcantarillado) son las únicas que no son de jurisdicción federal.

De los anteriores Artículos de la Constitución se deriva la ley Federal de Aguas Nacionales por ser propiedad de la nación y las leyes Generales en lo que respecta a la salud y al ambiente, donde además de la federación, participan los Estados y los Municipios.

De las leyes se derivan los Reglamentos, así tenemos el Reglamento de las Aguas Nacionales; el Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación de las Aguas donde se establecen las características de los cuerpos de agua y el Reglamento de la Ley General de Salud en Relación a productos, establecimientos y servicios.

De los Reglamentos se derivan las Normas Oficiales Mexicanas, como son en este caso las que establecen las características de las descargas a los cuerpos receptores y otras que determinan las características físicas, químicas, y bacteriológicas del agua potable.

Además se tienen las Normas Mexicanas, que aunque no son obligatorias, si sirven como guías que uniformizan acciones.

⊕ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

ART. 4o.- Toda persona tiene derecho a la protección de la salud

ART. 27.- La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originalmente a la nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.

Son propiedad de la nación las aguas de los mares : las aguas marinas interiores ; las de las lagunas y esteros : las de los lagos interiores ; las de los ríos y sus afluentes directos e indirectos..las aguas del subsuelo.

ART. 73 .- El Congreso tiene facultad:

FRACC. XVI Para dictar leyes sobre salubridad general de la República.

1 o. El Consejo General de Salubridad dependerá directamente de Presidente de la República, sin intervención de ninguna Secretaría de Estado y sus disposiciones generales serán obligatorias en el país.

3o. Las medidas que el Consejo haya puesto en vigor ... así como las adoptadas para prevenir y controlar la contaminación, serán después revisadas por el Congreso de la Unión en los casos que lo competen,

ART. 115.-

FRACCIÓN. 111. los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuera necesario y lo determinen las leyes, tendrán a su cargo los siguientes servicios públicos:

- a) Agua Potable y Alcantarillado
- b) Alumbrado Público
- c) Limpia
- d) Mercados y Centrales de abasto
- e) Panteones
- f) Rastro
- g) Calles, parques y jardines
- h) Seguridad pública y tránsito
- i) Las demás que las legislaturas locales determinan según las condiciones territoriales y socio – económicas de los municipios, así como su capacidad administrativa y financiera.

⊕ Ley General de Salud (7 Febrero, 1984)

CAPITULO IV.- Efectos del Ambiente en la Salud

ART. 116 .- Las autoridades sanitarias establecerán las normas, tomarán medidas y realizarán las actividades a que se refieren esta Ley tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente.

ART. 118.- Corresponde a la Secretaría de Salud,

- I. Determinar los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente.

- II. Emitir las normas técnicas a que deberá sujetarse el tratamiento del agua para uso y consumo humano.
- III. Establecer criterios sanitarios para el uso, tratamiento y disposición de aguas residuales, para evitar riesgos y daños a la salud pública.
- IV. Apoyar el saneamiento básico.
- V. Asesorar en criterios de ingeniería sanitaria de obras públicas y privadas para cualquier uso.

ART. 122.- Queda prohibido la descarga de aguas residuales o contaminantes en cualquier cuerpo de agua superficial o subterráneo, cuyas aguas se destinen para uso o consumo humano.

Los usuarios que aprovechen en su servicio aguas que postenormente serán utilizadas para uso o consumo de la población, estarán obligados a darles el tratamiento correspondiente a fin de evitar riesgos para la salud humana, de conformidad con las disposiciones aplicables.

⊕ Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (1^o marzo, 1986)

CAPITULO II.- Prevención y Control de la Contaminación del Agua y de los Ecosistemas Acuáticos.

ART. 117.- Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios:

- IV. Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, vasos, cuencas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo.

ART. 118.- Los criterios para la prevención y control de la contaminación del agua serán considerados en:

- I. El establecimiento de criterios sanitarios para el uso, tratamiento y disposición de aguas residuales, para evitar riesgos y daños a la salud pública.
- II. La formulación de las normas técnicas que deberá satisfacer el tratamiento del agua para el uso y consumo humano.

ART. 119.- Para la prevención y control de la contaminación del agua corresponderá:

1. A la Secretaría:

- a) Expedir, en coordinación con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, y las demás autoridades competentes, las normas técnicas para el vertimiento de aguas residuales en redes colectoras, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, así como infiltrarlas en terrenos;
- b) Emitir los criterios, lineamientos, requisitos y demás condiciones que deban satisfacerse para regular el alejamiento, la explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales, a fin de evitar contaminación que afecte el equilibrio de los ecosistemas o a sus componentes, y en su caso, en coordinación con la Secretaría de Salud, cuando se ponga en peligro la salud pública;
- c) Expedir las normas técnicas ecológicas a las que se sujetará el almacenamiento de aguas residuales, con la intervención que en su caso competa a otras dependencias;
- d) Dictaminar las solicitudes de permisos para infiltrar o descargar aguas residuales en terrenos o cuerpos distintos de los alcantarillados;
- e) Fijar condiciones particulares de descarga cuando se trate de aguas residuales generadas en bienes y zonas de jurisdicción federal y de aquellas vertidas directamente en aguas de propiedad nacional;
- f) Fijar condiciones particulares de descarga a quienes generen aguas residuales captadas por sistemas de alcantarillado, cuando dichos sistemas viertan sus aguas en cuencas, ríos, cauces, vasos y demás depósitos o corrientes de aguas de propiedad nacional, sin observar

las normas técnicas ecológicas o, en su caso, las condiciones particulares de descarga que hubiese fijado la Secretaría;

g) Promover el reuso de aguas residuales tratadas en actividades agrícolas e industriales.

h) Determinar los procesos de tratamiento de las aguas residuales, considerando los criterios sanitarios que en materia de salud pública emita la Secretaría de Salud, en función del destino de esas aguas y las condiciones del cuerpo receptor, que serán incorporados con los convenios que celebre el Ejecutivo Federal para la entrega de agua en bloque a sistemas usuarios o a usuarios, conforme a la Ley Federal de Aguas;

i) Resolver sobre las solicitudes de autorización para el establecimiento de plantas de tratamiento y sus descargas conjuntas, cuando dichas descargas contaminantes provengan de dos o más obras, instalaciones o industrias de jurisdicción federal, tomando en consideración los criterios sanitarios establecidos por la Secretaría de Salud. Esta autorización únicamente podrá otorgarse cuando los efectos en las cuencas de aguas nacionales lo permitan, conforme a los usos determinados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos; y

j) Promover la incorporación de sistemas de separación de las aguas residuales de origen doméstico de aquellas de origen industrial en los drenajes de los centros de población, así como la instalación de plantas de tratamiento para evitar la contaminación de aguas.

II. A la Secretaría, en coordinación con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y la de Salud:

a) Expedir las normas técnicas ecológicas para el uso o aprovechamiento de aguas residuales;

b) Emitir opinión a la que deberá sujetarse la programación y construcción de nuevas industrias que puedan producir descargas contaminantes de aguas residuales, así como de las obras e instalaciones conducentes a purificar las aguas residuales de procedencia industrial en los casos de jurisdicción federal; y

c) Expedir las normas técnicas ecioógicas que deberán observarse para el tratamiento de aguas residuales de origen urbano que se destinen a la industria y a la agricultura. Para el ejercicio de esta atribución, dichas dependencias tomarán como base los estudios de la cuenca y sistemas correspondientes.

III. A la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, resolver sobre las solicitudes de concesión, permiso o autorización que se formulen para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales, considerando los criterios y lineamientos, para la preservación del equilibrio ecológico;

IV. A la Secretaría, expedir normas técnicas sobre la ejecución de obras relacionadas con el alejamiento, tratamiento y destino de las aguas residuales conducidas o no, por sistemas de alcantarillado, considerando los criterios sanitarios establecidos por la Secretaría de Salud; y

V. A los estados y municipios:

- a) El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado;
- b) Requerir a quienes generen descargas a dichos sistemas y no satisfagan las normas técnicas ecológicas que se expidan, la instalación de sistemas de tratamiento,
- c) 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
- d) Llevar y actualizar el registro de las descargas a las redes de drenaje y alcantarillado que administren, el que será integrado el registro nacional de descargas a cargo de la Secretaría.

ART. 120.- 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 mezcla incontrolada con otras descargas;

III. Las descargas derivadas de actividades agropecuarias;

ART. 121.- 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.

ART. 122.- Las aguas residuales provenientes de usos municipales, públicos o domésticos y las de usos industriales o agropecuarios que se descarguen en los sistemas de 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.

ART. 123.- Todas las descargas en las redes colectoras, ríos, 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 técnicas ecológicas 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.

ART. 125.- La Secretaría, dejando los criterios sanitarios que en materia de salubridad general establece la Secretaría de Salud, así como los usos de las cuencas de aguas nacionales determinados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, determinará las

condiciones particulares de descarga y los sistemas de tratamiento que deberán instalar las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, para descargar aguas residuales.

ART. 126.- Los equipos de tratamiento de las aguas residuales de origen urbano que diseñen, operen o administren los municipios, las autoridades estatales, o el Departamento del Distrito Federal, deberán cumplir con las normas técnicas ecológicas que al efecto se expidan.

ART. 127.- La Secretaría, y las Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de Salud, emitirán opinión, con base en los estudios de la cuenca y sistemas correspondientes, para la programación y construcción de obras e instalaciones de purificación de aguas residuales de procedencia industrial.

ART. 128.- Las aguas residuales provenientes del alcantarillado urbano podrán utilizarse en la industria y en la agricultura, si se someten en los casos que se requiera al tratamiento que cumpla con las normas técnicas emitidas por la Secretaría, en coordinación con las Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de Salud.

⊕ Ley de Aguas Nacionales (10. Diciembre, 1992)

Titulo Séptimo

Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas

Capítulo Único

ART. 85.- Es de interés público la promoción y ejecución de las medidas y acciones necesarias para proteger la calidad del agua, en los términos de ley.

ART. 66.- "La Comisión" tendrá a su cargo:

- III. Establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga que deben satisfacer las aguas residuales que se generen en bienes y zonas de jurisdicción federal; de aguas residuales vertidas directamente en aguas y bienes nacionales, o en cualquier

terreno cuando dichas descargas puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos; y en los demás casos previstos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;

- IV. Autorizar, en su caso, el vertido de aguas residuales en el mar, y en coordinación con la Secretaría de Marina cuando provengan de fuentes móviles o plataformas fijas;
- V. Vigilar, en coordinación con las demás autoridades competentes, que el agua suministrada para consumo humano cumpla con las normas de calidad correspondientes, y que el uso de las aguas residuales cumpla con las normas de calidad del agua emitidas para tal efecto;
- VI. Promover o realizar las medidas necesarias para evitar que basura, desechos, materiales y sustancias tóxicas, y todos producto de los tratamientos de aguas residuales, contaminen las aguas superficiales o del subsuelo y los bienes que señala el artículo 113,
- VII. Ejercer las atribuciones que corresponden a la Federación en materia de prevención y control de la contaminación del agua y de su fiscalización y sanción, en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, salvo que corresponda a otra dependencia conforme a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.

ARTICULO 87.- "La Comisión" determinará los parámetros que deberán cumplir las descargas, la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas nacionales y las cargas de contaminantes que éstos pueden recibir, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzarlas, mediante la expedición de Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales, las cuales se publicarán en el Diario Oficial de la Federación, lo mismo que sus modificaciones, para su observancia.

ART. 88.- Las personas físicas o morales requieren permiso de "La Comisión" para descargar en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.

"La Comisión" mediante acuerdos de carácter general por cuenca, acuífero, zona, localidad o por usos podrá sustituir el permiso de descarga de aguas residuales por un simple aviso.

El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población, corresponde a los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes.

ART. 89.- "La Comisión", para otorgar los permisos deberá tomar en cuenta la clasificación de los cuerpos de aguas nacionales a que se refiere el artículo 87, las normas oficiales mexicanas correspondientes y las condiciones particulares que requiera cumplir la descarga.

"La Comisión" deberá contestar la solicitud de permiso de descarga presentada en los términos del reglamento, dentro de los sesenta días hábiles siguientes a su admisión. En caso de que no se conteste dentro de dicho lapso, estando integrado debidamente el expediente el solicitante podrá efectuar las descargas en los términos solicitados, lo cual no será obstáculo para que "La Comisión" expida el permiso de descarga al que se deberá sujetar el permisionario cuando considere que se deben de fijar condiciones particulares de descarga y requisitos distintos a los requeridos en la, solicitud.

Cuando el vertido o descarga de las aguas residuales afecten o puedan afectar fuentes de abastecimiento de agua potable o a la salud pública, "La Comisión" lo comunicará a la autoridad competente y dictará la negativa del permiso correspondiente o su inmediata revocación y, en su caso, la suspensión del suministro del agua en tanto se eliminan estas anomalías.

ART. 90.- "La Comisión" en los términos del reglamento expedirá el permiso de descarga de aguas residuales, en el cual se deberá precisar por lo menos la ubicación, descripción de la descarga en cantidad y calidad, el régimen al que se sujetará para prevenir y controlar la contaminación del agua y la duración del permiso.

ART. 91.- la infiltración de residuales para recargar acuíferos, requiere permiso de 'La Comisión' deberá ajustarse a las Normas Oficiales Mexicanas que al efecto se emitan.

ART. 92.- "La Comisión", en el ámbito de su competencia, podrá ordenar la suspensión de las actividades que den origen a las descargas de aguas residuales:

- Cuando no se cuente con el permiso de descarga de aguas residuales en los términos de esta Ley;
- Cuando la calidad de las descargas no se sujete a las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, a las condiciones particulares de descarga o a lo dispuesto en esta ley y su reglamento;
- Cuando se deje de pagar el derecho por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales; o
- Cuando el responsable de la descarga utilice el proceso de dilución de las aguas residuales para tratar de cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas respectivas o las condiciones particulares de descarga

⊕ Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

Titulo Séptimo

Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas

Capitulo Unico

ARTICULO 133.- Para los efectos de las fracciones IV, V y VII, del artículo 86 de la "Ley", "La Comisión" ejercerá las facultades que corresponden a la autoridad federal en materia de prevención y control de la contaminación del agua, conforme a lo establecido en la propia "Ley" y en este "Reglamento", así como en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, excepto aquellas que conforme a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y otras disposiciones legales, estén atribuidas a otra dependencia.

ARTICULO 134.- Las personas físicas o morales que exploten, usen o, aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas, bajo su responsabilidad y en los términos de ley, a realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso para

reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas.

ARTICULO 135.- Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la "Ley", deberán:

- I. Contar con el permiso de descarga de aguas residuales que les expida "La Comisión", o en su caso, presentar el aviso respectivo a que se refiere la "Ley" y este "Reglamento";
- II. Tratar las aguas residuales previamente a su vertido a los cuerpos receptores, cuando esto sea necesario para cumplir con las obligaciones establecidas en el permiso de descarga correspondiente;
- III. Cubrir, cuando proceda, el derecho federal por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales;
- IV. Instalar y mantener en buen estado, los dispositivos de aforo y los accesos para muestreo que permita verificar los volúmenes de descarga y las concentraciones de los parámetros previstos en los permisos de descarga;
- V. Informar a "La Comisión" de cualquier cambio en sus procesos, cuando con ello se ocasionen modificaciones en las características o en los volúmenes de las aguas residuales que hubieran servido para expedir el permiso de descarga correspondiente;
- VI. Hacer del conocimiento de "La Comisión", los contaminantes presentes en las aguas residuales que generen por causa del proceso industrial o del servicio que vienen operando, y que no estuvieran considerados originalmente en las condiciones particulares de descarga que se les hubieran fijado;
- VII. Operar y mantener por sí o por terceros las obras e instalaciones necesarias para el manejo y, en su caso, el tratamiento de las aguas residuales, así como para asegurar el control de la calidad de dichas aguas antes de su descarga a cuerpos receptores;

VIII. Sujetarse a la vigilancia y fiscalización que para el control y prevención de la calidad del agua establezca "La Comisión", de conformidad con lo dispuesto en la "Ley" y el "Reglamento":

IX. Llevar un monitoreo de la calidad de las aguas residuales que descarguen o infiltren en los términos de ley y demás disposiciones reglamentarias;

X. Conservar al menos durante tres años el registro de la información sobre el monitoreo que realicen, en los términos de las disposiciones jurídicas, normas, condiciones y especificaciones técnicas aplicables, y

XI. Las demás que señalen las leyes y disposiciones reglamentarias.

Las descargas de aguas residuales de uso doméstico que no formen parte de un sistema municipal de alcantarillado, se podrán llevar a cabo con sujeción a las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y mediante un simple aviso.

ARTICULO 136.- En los permisos de descargas de las aguas residuales de los sistemas públicos de alcantarillado y drenaje, además de lo dispuesto en el artículo anterior, se deberá señalar la forma conforme a lo dispuesto en la ley para efectuar:

I. El registro, monitoreo continuo y control de las descargas de aguas residuales que se vierten a las redes públicas de alcantarillado,,

II. La verificación del estado de conservación de las redes públicas de alcantarillado con el fin de detectar y corregir, en su caso, las posibles fugas que incidan en la calidad de las aguas subterráneas subyacentes y en la eventual contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua, y -

III. El monitoreo de la calidad del agua que se vierte a las redes públicas de alcantarillado, con objeto de detectar la existencia de materiales o residuos peligrosos que por su corrosividad, toxicidad, explosividad, reactividad o inflamabilidad pueden representar grave riesgo al ambiente, a las personas o sus bienes.

Las personas que descarguen aguas residuales a las redes de drenaje o alcantarillado, deberán cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas expedidas para el pretratamiento y, en su caso, con las condiciones particulares de descarga que emita el Municipio o que se emitan conforme al artículo 119, fracción 1, inciso f) de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección el Ambiente.

ARTICULO 137.- Es responsabilidad de los usuarios del agua y de todos los concesionarios a que se refiere el Capítulo II, del Título Sexto de la "Ley", incluidas las unidades y los distritos de riego, cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas y en su caso con las demás condiciones particulares de descarga, para la prevención y control de la contaminación extendida o dispersa que resulte del manejo y aplicación de sustancias que puedan contaminar la calidad de las aguas nacionales y los cuerpos receptores.

"La Comisión" promoverá y realizará, en su caso, las acciones y medidas necesarias, y se coordinará con las autoridades competentes para la expedición de las Normas Oficiales Mexicanas que se requieran para hacer compatible el uso del suelo, con los objetivos de prevención y control de la contaminación de las aguas y bienes nacionales. En la fijación de Normas Oficiales Mexicanas para el uso del suelo, que puedan afectar aguas nacionales, se deberá recabar la opinión técnica de "La Comisión".

ARTICULO 138.- Las solicitudes de permiso de descarga de aguas residuales que se presenten a "La Comisión", deberán contener:

- I. Nombre, domicilio y giro o actividad de la persona física o moral que realice la descarga;
- II. Relación de insumos utilizados en los procesos que generan las descargas de aguas residuales y de otros insumos que generen desechos que se descarguen en los cuerpos receptores;
- III. Croquis y descripción de los procesos que den lugar a las descargas de aguas residuales;
- IV. Volumen y régimen de los distintos puntos de descarga, así como la caracterización físico-química y bacteriológica de la descarga;

⊕ Norma Oficial Mexicana

En cuanto a las Normas Oficiales Mexicanas, existen tres de ellas, las cuales tienen gran importancia en materia tanto de Tratamiento de Aguas Residuales como en el Abastecimiento de Agua Potable, dichas normas, por sus características son muy extensas y no es caso de esta tesis, sino más bien el saber de en que constan y que contienen por ello a continuación se presenta un pequeño resumen:

- NOM - 001 - ECOL - 1996 : Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Objetivo y campo de aplicación: Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta NOM no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes separados de aguas pluviales

Después de definir los conceptos en los que se apoya para la expedición de dicha norma, presenta una tabla, en la cual establece los límites máximos permisibles para contaminantes básicos, dependiendo la actividad a realizar, y otra tabla que presenta el límite máximo permisible para metales pesados y cianuro.

También nos indica que los responsables de las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales deben cumplir con la presente Norma Oficial Mexicana, así como la frecuencia de los muestreos, dependiendo del rango de población, y de la carga contaminante, es decir, mientras más población tengan, y más carga contaminante, deberán cumplir en menor tiempo con la presente.

Por otro lado obliga a los demás responsables de descargas de aguas residuales municipales a presentar programas de acciones de igual manera, mientras más población y mayor carga de contaminantes se tenga, se deberá presentar un programa de acciones en menor tiempo.

Los métodos de muestreo y de pruebas se exponen claramente en los puntos siguientes de dicha norma.

- NOM – 002 – ECOL – 1996: Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado.

Objetivo y Campo de Aplicación: Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado para prevenir y controlar la contaminación de las aguas y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

De igual manera como en la Norma NOM – 001 – ECOL – 1996, después de hacer algunas definiciones, establece las fechas de cumplimiento de la observancia de esta ley dependiendo del número de habitantes que comprenda una población, así como los límites máximos permisibles de contaminantes.

- NOM – 003 – ECOL – 1997: Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público.

Objetivos y campo de aplicación: esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público, con el objeto de proteger la salud de la población y el medio ambiente, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas o privadas responsables de su tratamiento.

En el caso de que el servicio al público se realice por terceros éstos serán responsable solidarios del cumplimiento de la presente norma, desde la producción del agua tratada hasta el transporte o entrega de la misma.

Después de las definiciones pertinentes, presenta los límites máximos permisibles de contaminantes, los cuales, son coliformes fecales y los huevos de helminto, considerando los demás parámetros como los de la NOM – 001 – ECOL – 1996 , así como los métodos de muestreo y prueba.

Capítulo II) El Agua Tratada como Alternativa de Uso

- **Clasificación según su uso**
 - **Aguas recuperables y no recuperables**
- **Verificación de la calidad del agua recibida de la red de agua residual tratada de la Ciudad de México**
 - **La red de distribución de agua residual tratada en la Ciudad de México**
 - **Parámetros físicos**
 - **Parámetros químicos**
 - **Parámetros biológicos**
 - **Parámetros requeridos para su reuso**
- **El tratamiento de aguas residuales como oportunidad de negocio**
 - **Situación actual del uso y los usuarios**
 - **Principales empresas que se dedican al tratamiento**
 - **Requisitos legales y ambientales**
 - **Costos aproximados de tratamiento**

II. El agua tratada como alternativa de uso.

- Clasificación según su uso
- ⊕ Aguas recuperables y no recuperables
- ✧ Identificación de los reusos del agua.

En la actualidad, se tienen diferentes usos del agua residual en la ciudad, los cuales se mencionan a continuación

- Uso urbano no potable
- Llenado de lagos
- Riego de áreas verdes
- Uso agrícola
- Recarga de acuífero
- Reuso industrial
 - De servicios
 - De procesos

- Uso urbano no potable.

El reuso urbano de aguas renovadas para fines no potables encierra una amplia gama de usos potenciales que varían en complejidad desde el simple riego de campos de golf, hasta el empleo de redes duales de distribución de agua a casa habitación.

- Llenado de lagos.

Para el llenado de lagos, además de los usos actuales se han identificado las ciénagas grande y chica al sur de la ciudad, con un volumen actual de almacenamiento de 170 600 m³, mismo que puede ser incrementado a 600,000 m³.

- Riego de áreas verdes

Los estudios acerca de la demanda potencial de agua renovada han localizado 71 zonas (sin incluir camellones) en las que el riego mediante el empleo de aguas renovadas es factible, abarcando una superficie de 3865 hectáreas, ubicándose mayoritariamente al sur, suroeste y

poniente de la Ciudad, adicionalmente se han identificado 257 Km. de camellones que cubren una superficie de áreas verdes de 455 hectáreas, ubicándose en su mayoría al noroeste y al sur de la ciudad.

→ Uso agrícola

Los criterios fundamentales que rigen las normas existentes de calidad de agua renovada en actividades agrícolas contempla la protección de los trabajadores del campo y del público en general pues se deberá de garantizar que no exista peligro bacteriológico o viral en su empleo.

La salinidad del agua deberá ser suficientemente baja para mantener una presión osmótica adecuada para que las plantas puedan absorber el agua necesaria para su crecimiento. No contener iones, como sodio y boro, que ocasionen daños a los cultivos y al mismo suelo. Asimismo, que los sólidos suspendidos precipitados y químicos y algas pueden producir problemas en los sistemas de irrigación.

→ Recarga de acuíferos.

El uso de aguas tratadas para la recarga de acuíferos ha sido empleado en regiones en donde la sobreexplotación de las aguas subterráneas ha causado serios problemas de abastecimiento. La recarga de acuíferos con aguas renovadas ofrece un gran número de ventajas, ya que con este método se pueden mantener los niveles freáticos y proveer almacenamiento de agua tratada para usos no potables como lo es el caso del riego agrícola, industrial y recreativo

Por otra parte uno de los principales problemas que presenta la recarga de acuíferos con aguas tratadas, es que los límites entre los acuíferos potables y no potables son por lo general indefinidos, este hecho implica que siempre se tendrán riesgos de contaminar los acuíferos de calidad potable.

→ Reuso Industrial.

Para las demandas industriales potenciales se han identificado 28 zonas que ocupan una superficie de 3920 hectáreas que, aunque su localización es dispersa presenta, tendencias de concentración al suroriente, oriente, poniente y noroeste de la ciudad.

El uso de agua tratada en la industria a gran escala representa uno de los campos con mejores expectativas, pues la industria es uno de los más grandes consumidores de agua, la mayoría del agua que se utiliza en la industria requiere de una calidad inferior a la potable y es muy común que la industria se localice dentro o cerca de las áreas urbanas que producen una gran cantidad de agua residual.

Entre los usos del agua renovada en la industria destacan las operaciones de enfriamiento, calderas, lavado, transporte de materiales y agua para proceso, así, los requerimientos de tratamiento pueden variar de acuerdo al sistema en que serán usadas.

◇ Aguas recuperables y no recuperables

Como ya se mencionó en el primer capítulo, la industria, o los mismos particulares, al no poder descargar el agua cruda al alcantarillado, por las normas que lo regulan, deben darle un tratamiento previo, esta agua, a su vez se prefiere no tirar, ya que se ocupó dinero y esfuerzo para tratarla, se utiliza para otros procesos en la industria.

Claro no todas las industrias tratan su agua residual generada, y por lo tanto descargan su agua directamente al alcantarillado y claro como resulta muy barato consumir el agua de la toma de agua potable aunque lo tengan prohibido, siempre se "las arreglan" para hacerlo, ya sea en la madrugada cuando no trabajan los inspectores o los domingos y días festivos, sin pensar que muchos hogares no tienen este líquido ni para sus más elementales necesidades.

También es motivo de esta tesis el hacer ver que la utilización de aguas residuales puede ser factible para algunas industrias, sobre todo aquellas en las que sus actividades permiten que el agua pueda ser recuperada, es decir por ejemplo, el enfriamiento, el lavado, el transporte de materiales, y algunos procesos, esta recuperación de las aguas permite después de un estudio de caracterización poder hacer un tratamiento adecuado y sobre todo lo más sencillo posible para la recirculación de las mismas. No estoy dando una solución mágica para que todas las aguas que puedan ser recuperadas pueden ser recicladas, en algunos casos, convendrá más el usar agua residual tratada nueva, porque los contaminantes añadidos hagan muy difícil y costosa su recirculación.

Por ello clasificaremos según su uso al agua en:

Actividad	Clasificación
Llenado de lagos	No recuperable / Recuperable
Riego de áreas verdes	No recuperable
Uso agrícola	No recuperable
Recarga de acuíferos	No recuperable
Reuso industrial / comercial	
Enfriamiento	Recuperable
Calderas / Aire acondicionado	Recuperable
Lavado	Recuperable
Transporte de material	Recuperable
Agua para proceso	No recuperable / Recuperable

Cuadro 2.1 Clasificación de las aguas según su posibilidad de recuperación.

La recuperación o no recuperación depende del tipo de procesos y uso que se le dé al agua, de este cuadro podemos deducir una gran variedad de opciones para cada actividad, es decir por ejemplo el enfriamiento puede ser el de una caldera u horno hasta el de combate de incendios. De la misma manera podríamos hablar de cada uno de los demás usos, como por ejemplo el del lavado, ya sea de maquinaria, patios, animales, o automóviles.

La alternativa de reciclado del agua residual tratada, será motivo de otro apartado de esta tesis.

- Verificación de la calidad del agua recibida de la red de distribución de agua residual tratada de la Ciudad de México.

⊕ La red de distribución de agua residual tratada de la ciudad de México.

La alta contaminación ambiental que existe en la Ciudad de México, presenta la imperiosa necesidad de crear y conservar el mayor número de áreas verdes posibles con el objeto de contrarrestar dicho efecto.

Por otro lado la falta de fuentes de abastecimiento de agua potable cercanas a la Ciudad de México, y el costo tan elevado que resulta de traer a ella mayores cantidades de este líquido, han hecho que se busquen diversas alternativas para la disminución de los consumos de agua

potable, detectándose la necesidad de fomentar el intercambio del uso de este tipo de agua por el de agua residual.

Actualmente en los rubros donde se está recuperando mayor cantidad de agua potable, es en los que se refieren al riego de áreas jardinadas, al riego de zonas destinadas al cultivo y en diversos procesos comerciales e industriales en los que se permiten el empleo de este tipo de agua.

El sistema de distribución actual de las aguas residuales se lleva a cabo mediante 24 plantas de tratamiento y una red de 800 mil metros aproximadamente de tuberías en diferentes diámetros.

Por otro lado, también se distribuye el agua residual tratada, utilizando carros tanque o pipas, que abastecen al riego de áreas jardinadas, camellones y glorietas, así como a establecimientos del rubro comercial, que se ubican fuera del alcance de la red actual de distribución. De ahí la importancia de incrementar y ampliar la cobertura de esta red a fin de poder llegar a un mayor número de usuarios, y el poder realizar el riego de estas áreas verdes correctamente, ya que mediante este sistema únicamente se logra darles a la gran mayoría de estas un pequeño rocio, y no la cantidad de agua mínima necesaria que requieren para un buen desarrollo.

Para poder substituir el uso de agua potable por el de agua residual tratada, se ha buscado la manera de cubrir en su totalidad o por lo menos hasta donde ha sido posible, la demanda o necesidades de agua de los siguientes rubros.

No.	REUSO
1	Jardines
2	Deportivos
3	Áreas verdes residenciales
4	Camellones
5	Lagos
6	Panteones
7	Área industrial
8	Zona agrícola
9	Zona agrícola, productos crudos y cocidos
10	Zona agrícola, forrajes, pasturas y hortalizas
11	Canales
12	Infiltración a los acuíferos

Cuadro 2.2 Zonas donde se puede utilizar agua residual tratada.

Con referencia a la infraestructura actualmente instalada, y que está operando en la Ciudad de México, en conjunto se cuenta con 24 plantas de tratamiento, con una capacidad nominal para generar 6416 litros por segundo equivalente a reutilizar el 20% del agua residual generada por la Ciudad de México.

También se cuenta con 18 tanques de almacenamiento que en total tienen una capacidad de 42 millones de litros y 17 plantas de bombeo con una capacidad instalada total de 2400 litros por segundo.

De las 24 plantas de tratamiento 19 son a nivel secundario, 3 a nivel terciario y 2 a nivel avanzado (ver cuadro 2.3 y 2.4). Actualmente estas plantas están generando 3519 litros por segundo, con los cuales, se riegan aproximadamente 3643 Ha de áreas verdes, se cubren 3458 Ha de zonas agrícolas, 1268 Ha de zonas industriales y se abastecen por medio de pipas un volumen aproximado de 1484 m³ / día a 795 usuarios comerciales.

No	Planta	Capacidad Ips		Tratamiento	Proceso de
		Nominal	Operación	Actual	Tratamiento
1	El Rosario	25	16	Avanzado	L.A.C.
2	Cd. Universitaria	60	30	Terciario	L.A.C. Fb. Bd.
3	Coyoacán	800	336	Secundario	L.A.C.
4	Tlatelolco	22	14	Secundario	L.A.C.
5	Acueducto de Gpe.	100	57	Secundario	L.A.C.
6	San J. Aragón	0	0	Secundario	L.A.C.
7	Iztacalco	15	10	Avanzado	L.A.C.
8	Cd. Deportiva	230	80	Secundario	L.A.C.
9	Cerro Estrella	4000	2300	Terciario	L.A.C.
10	B. De las Lomas	55	27	Secundario	L.A.A.E.
11	Chapultepec	160	106	Secundario	L.A.C.
12	Campo Militar 1	30	30	Secundario	L.A.C.
13	San Juan Ixtayopan	30	15	Secundario	L.A.C.
14	San Nicolás Tetelco	30	15	Secundario	L.A.C.
15	Abasolo	30	15	Secundario	L.A.C.
16	Colegio Militar	20	18	Secundario	L.A.C.
17	Parres	15	7.5	Secundario	L.A.C.
18	Pemex - Picacho	25	25	Secundario	L.A.C.
19	San M. Xicalco	15	7.5	Secundario	L.A.C.
20	San L. Tlaxialtemalco	150	110	Terciario	L.A.C.
21	Reclusorio Sur	30	13	Secundario	L.A.C.
22	Santa Fe	560	280	Secundario	L.A.C.
23	Topilejo	7	-	Secundario	R. A. F. A.
24	Rastro de Milpa Alta	7	7	Secundario	R. A. F. A.
		6416	3519		

L.A.A.E.: Lodos Activados Aereación Extendida.

L.A.C.: Lodos Activados Convencional.

Fb: Filtros Biológicos

Bd: Biodiscos

R.A.F.A.: Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente

Cuadro 2.3 Plantas de Tratamiento en el D.F. "Capacidades y Nivel de Tratamiento"

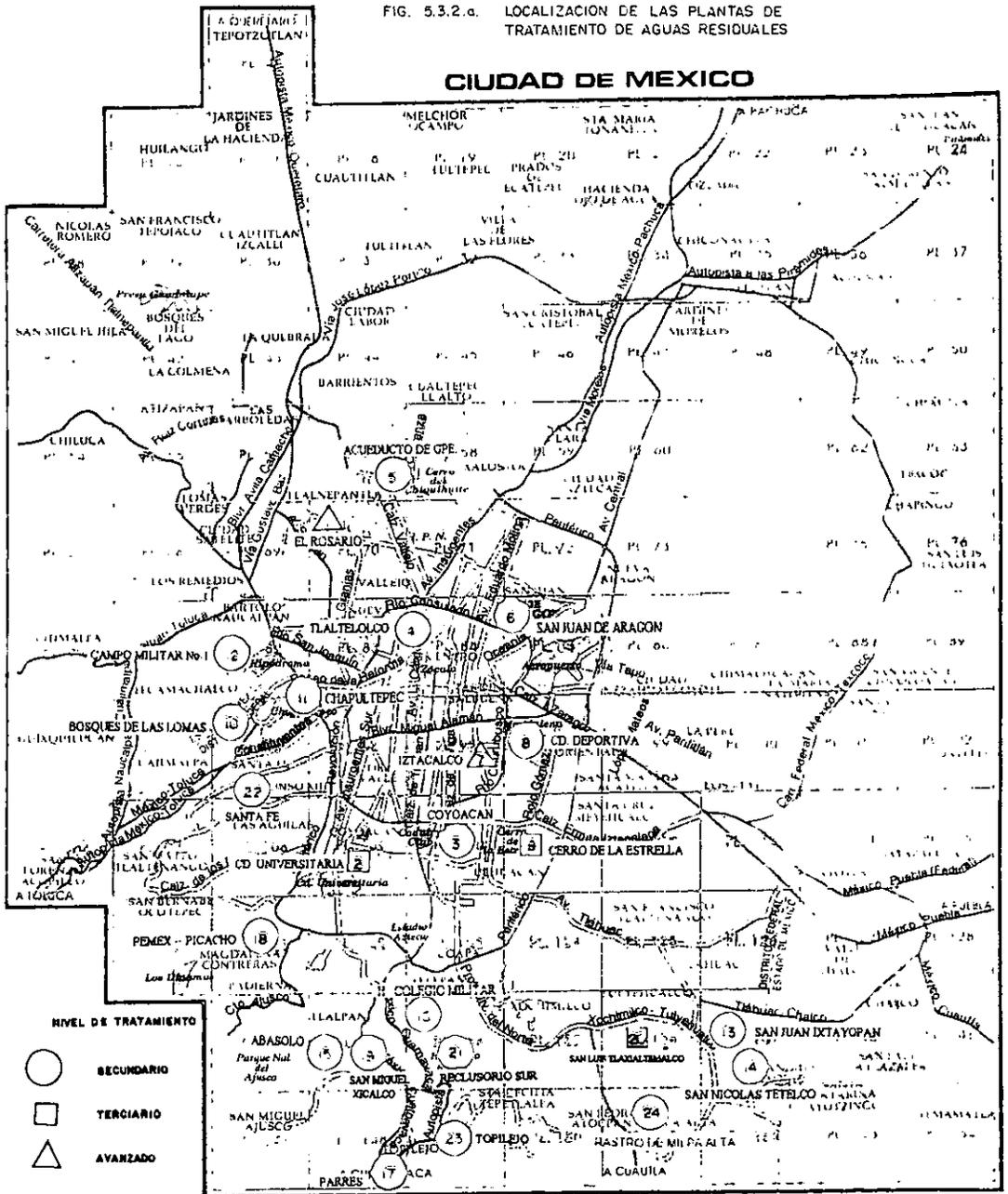
Ver el plano de localización de cada una en la pagina 71.

No	Delegación	Planta	Operada	Capacidad de la Planta	
				Lps	m ³ / día
1	Alvaro Obregón	Santa Fe	D.G.C.O.H.	280	24192
2	Azcapotzalco	El Rosario	D.G.C.O.H.	16	1382.4
3	Coyoacán	Cd. Universitaria	U.N.A.M	30	2592
4		Coyoacán	Concesionada	336	29030.4
5	Cuauhtemoc	Tlatelolco	D.G.C.O.H.	14	1209.6
6	Gustavo A. Madero	Acueducto de Gpe.	Concesionada	57	4924.8
7		San J. Aragón	Concesionada	0	0
8	Iztacalco	Iztacalco	D.G.C.O.H.	10	864
9		Cd. Deportiva	Concesionada	80	6912
10	Iztapalapa	Cerro Estrella	D.G.C.O.H.	2300	198720
11	Miguel Hidalgo	B. De las Lomas	D.G.C.O.H.	27	2332.8
12		Chapultepec	D.G.C.O.H.	106	9158.4
13		Campo Militar 1	SEDENA	30	2592
14	Milpa Alta	Rastro Milpa Alta	D.G.C.O.H.	7	604.8
15	Tlahuac	San Juan Ixtayopan	D.G.C.O.H.	15	1296
16		San Nicolás Teteico	D.G.C.O.H.	15	1296
17	Tlalpan	Abasco	D.G.C.O.H.	15	1296
18		Colegio Militar	SEDENA	16	1555.2
19		Parres	D.G.C.O.H.	7.5	648
20		Pemex - Picacho	D.G.C.O.H.	25	2160
21		Topilejo	D.G.C.O.H.	0	0
22		San M. Xicalco	D.G.C.O.H.	7.5	648
23	Xochimilco	San L. Tlaxialtemalco	D.G.C.O.H.	110	9504
24		Reclusorio Sur	D.G.C.O.H.	13	1123.2
				3519	304041.6

Cuadro 2.4 "Plantas de Tratamiento en el D.F."

FIG. 5.3.2.a. LOCALIZACION DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

CIUDAD DE MEXICO



No	Delegación	Planta	Cap. De la Planta	
			Lps	Lps/Del.
1	A. Obregón	Volcanes 125	0.07	19.638
2		Calz. De las Fuentes 509 col. Jardines Pedregal	0.014	
3		Av. Tamaulipas 172 col. Sta. Luc.	0.625	
4		Av. Centenario 265 col. El Rincón	0.44	
5		Leones 5906 y 5908 col Lomas del Cedro	1.13	
6		Av. Perif. Sur 4118 col. Ex Rancho de Anzaldo	1.32	
7		Constituyentes 1001 col. Belem las Flores	6.55	
8		Av. Tamaulipas 1190 col. Santa Luc.	0.7	
9		Calle de LT-B-2 Mz.B Vasco de Q y Prof. Reforma	3.33	
10		Calz. Del Moral 27 col. Lomas de Tepepan	0.21	
11		Paseo de la Reforma S/N col. Sta Fe	1.22	
12		Paseo del Pregonero 230 col Fracc Colinas Sur	0.425	
13		Priv. Cedros 41 col. Alcantarilla	0.38	
14		Priv. Cedros 65 col. Alcantarilla	0.21	
15		Calz. De las Fuentes 510 col. Jardines Pedregal	0.083	
16		Av. Periférico Sur 4132 col. Jardines del Pedregal	0.068	
17		Prof Av. Centenario 3006 c, Bosques de Tarango	0.408	
18		Periférico Sur 3106 col. Sn Jerónimo Aculco	0.656	
19		Calz de las Fuentes 509 col. Jardines del Pedregal	0.014	
20		Av Tamaulipas 172 col. Sta. Luc.	0.625	
21		Av. Centenario 265 col. Del Rincón	0.44	
22		Perif. Sur 4344, 4354 y 1092 del camino a Sta Teresa col. Jardines Pedregal de Sn Angel.	0.59	
23		Llanura S/N col. Jardines del Pedregal	0.13	
24	Coyoacán	Perif. Sur 5128 col. Pedregal de Carrasco	0.13	0.4
		Perif. Sur esq. Serranía 4418 col. Insurgentes C	0.13	
		C. Cataratas 3 col. Jardines del Pedregal	0.14	
	Cuauhtemoc	Paseo de la Reforma 502 col. Juárez	3.52	3.52
	M. Hidalgo	Paseo de la Reforma 2501	0.3	20.13
		Palo Santo 22 col. Lomas Altas	0.47	
		Paseo de la Reforma S/N col. Corp. Sta. Fe	2.44	
		Paseo de la Reforma 2647 col. Lomas de Chap.	0.38	
		Priv. Bezares col Lomas de Bezares S/N	0.34	
		Carr. Mex -- Toluca 1238 col Lomas de Bezares	2.2	
		Reforma 336	14	
	Tláhuac	Camino Real S/N col. Emiliano Zapata	1.3	2.495
		Retorno 7 No 40 Av. Tepozteco col. C. Del Bosque	0.012	
		Puente 222 col. El Llano San Juan de Dios	1.16	
		Campanario S/N col. San Pedro Mártir	0.023	
	Tlalpan	ITESM	6	28.62
		Torres P/Oficinas	15.48	
		Adolfo López Mateos 74	S/D	
		Centro Comercial	7	
		Av Tetis 123 col. Pedregal de San Nicolás	0.14	
		Total		74.80

Cuadro 2.5 Plantas operadas por particulares.

Actualmente, las 16 delegaciones de la Ciudad de México, cuentan con una gran extensión de tuberías de la red de distribución de agua residual tratada, tanto así que las 16 delegaciones de la Ciudad de México están en 26 planos, ya que algunas delegaciones se dividen en tres o hasta cuatro zonas.

Ahora bien, pasemos a lo que se refiere a la calidad de las aguas que circulan por la red de distribución de agua residual tratada, ya que es una de las principales observaciones de los usuarios, la de que la calidad del agua que reciben de las tomas, no es la adecuada, ya que en algunos casos presenta olor, algún contenido de material suspendido, o bien en los tanques o piletas de almacenamiento se presentan con facilidad algas o se generan insectos (pulgas de agua). Por ello, es de suma importancia conocer los parámetros asociados con la calidad del agua, así como sus mínimas concentraciones para que su uso no afecte la comodidad o hasta en casos extremos la salud de los usuarios.

Los parámetros a medir en las aguas residuales tratadas son los físicos, los químicos y los biológicos es decir:

FÍSICOS	QUÍMICOS	BIOLÓGICOS
<ul style="list-style-type: none"> - Sólidos - Temperatura - Color - Olor 	<p>ORGÁNICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - DBO, DQO, COT - Proteínas - Carbohidratos - Lípidos - Espumante - Fenoles - Plaguicidas <p>INORGÁNICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - pH - Cloro - Alcalinidad - Nitrógeno - Fósforo - Metales pesados - Materia tóxica <p>GASES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Oxígeno - Ácido sulfhídrico - Metano 	<ul style="list-style-type: none"> - Plantas - Animales - Bacterias - Protozoos - Virus - Hongos

Cuadro 2.6 Características o parámetros principales en las aguas residuales.

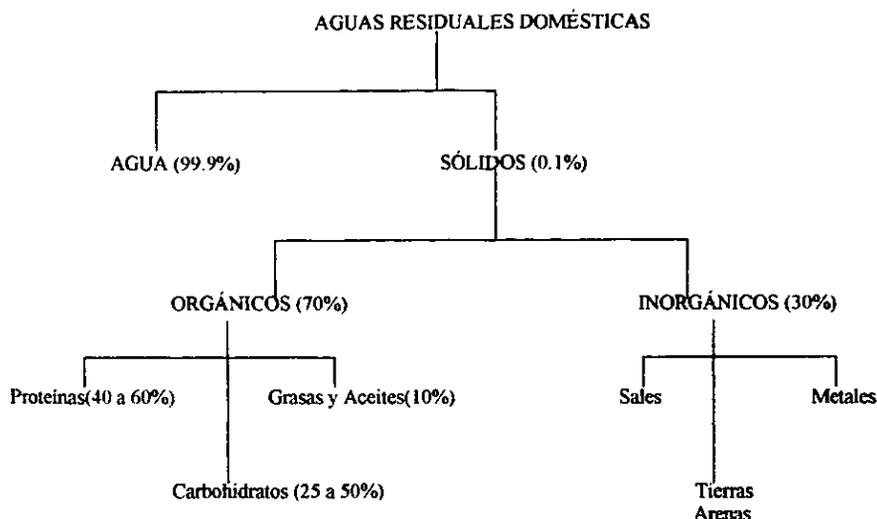


Figura 2.1 Composición de las aguas residuales domésticas.

⊕ Parámetros Físicos

◇ Sólidos

Sólidos totales: El material que arrastran las aguas residuales. Desde el punto de vista analítico, los sólidos totales se definen como el residuo que permanece después de haber evaporado el agua entre 103 y 105°C.

Sólidos sedimentantes: Sólidos en suspensión que pueden llegar a sedimentar en condiciones de reposo, debido a la influencia de la gravedad.

Sólidos suspendidos no sedimentables: son componentes de los totales, cuyo tamaño es menor de 10 micras (10^{-3} mm)

Sólidos disueltos o filtrables: Son componentes de los totales. Comprenden partículas del tamaño de iones y moléculas que pasan por un filtro menor de 10mm.

Sólidos fijos y volátiles: en función a su volatilidad a 600°C, la fracción orgánica se oxida, convirtiéndose en gas (sólidos volátiles) y la orgánica permanece como ceniza, (sólidos fijos).

◇ Temperatura

Es una medida relativa de la cantidad de calor contenida en el agua residual, usualmente la temperatura de las aguas residuales es mayor que la del agua del abastecimiento, ya que recibe calor por los usos.

La temperatura es importante porque afecta a la vida acuática tanto de la fauna como de la flora, afecta también la velocidad de reacción bioquímica y la transferencia de gases.

Por ejemplo al aumentar la temperatura se disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua y también se aumenta la velocidad de degradación de los compuestos

Temperaturas muy altas pueden fomentar el crecimiento de especies indeseables de plancton y hongos a los cuales los limitan las bajas temperaturas y que podrían incrementar el tiempo de tratamiento o el tamaño de la planta de tratamiento.

◇ Color

El color de las aguas domésticas es generalmente una indicación de su edad, el agua residual doméstica presenta color gris cuando se acaba de generar, pero posteriormente se vuelve de color negro, debido a la actividad de los organismos anaerobios, que descomponen la materia orgánica y producen ácido sulfhídrico y metano.

Las aguas residuales industriales pueden contener muchas sustancias colorantes, por ejemplo la industria textil, celulosa y papel, petrolera y petroquímica.

◇ Olor

Los olores en las aguas residuales son causados por los gases de la descomposición orgánica por la actividad microbiana aerobia, por compuestos industriales y por las reacciones de los componentes cuyo tratamiento es por procesos químicos.

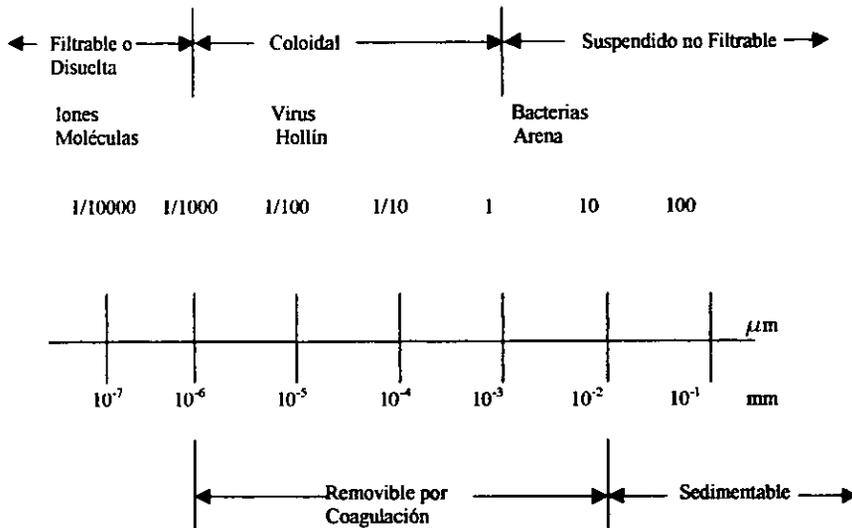


Figura 2.2 Clasificación y tamaño de partículas encontradas en el agua.

⊕ Parámetros Químicos

◇ Parámetros Químicos Orgánicos

La materia orgánica presente en las aguas residuales es de origen animal, vegetal y compuestos sintéticos orgánicos creados por el hombre. Los principales grupos de sustancias orgánicas que se encuentran en las aguas residuales domésticas son las proteínas (40 a 60 %), carbohidratos (25 a 60%), y grasas y aceites (10%). (Ver figura 2.1) Además, las aguas residuales contienen pequeñas cantidades de un gran número de moléculas orgánicas sintéticas, desde simples hasta estructuras extremadamente complejas como son los fenoles, detergentes, plaguicidas, entre otros.

Las proteínas son los constituyentes químicos más importantes de la materia viva. Son compuestos cuaternarios en los que predomina el carbono, el oxígeno, el nitrógeno y el hidrógeno (CHON). Se comportarán como ácidos o bases según el pH del medio en que se encuentren, pueden flocular a un pH determinado llamado punto isoeléctrico.

Los glucidos o azúcares se componen de 3 elementos, C.H.O., respondiendo a la fórmula general $C_m (H_2O)_n$, de donde proviene el título de hidratos de carbono.

Como ejemplo citaremos entre los glucidos a la glucosa, el almidón, dextrina, glucógeno, celulosa, etc.

Los típicos son ésteres de ácidos grasos y de alcoholes más o menos complejos, son sustancias grasosas de bajo punto de fusión, Pueden emulsionarse en el agua en la cual son en general insolubles.

La presencia de materia orgánica biodegradable en los cuerpos receptores reduce la cantidad de oxígeno. La presencia de materia orgánica no degradable o difícilmente degradable, complica el tratamiento de las aguas residuales.

Para facilitar la detección de la materia orgánica usualmente se recurre a medir parámetros indirectos como son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y el carbono orgánico total (COT).

→ Demanda Bioquímica de Oxígeno.

La DBO, o demanda bioquímica de oxígeno, es el parámetro más usado para estimar el grado de contaminación orgánica en el agua, Su determinación implica medir la variación del oxígeno disuelto en el agua a través del tiempo debido a las reacciones bioquímicas involucradas en el metabolismo microbiano de la materia orgánica.

La DBO del agua residual da una idea de la biodegradabilidad de la materia orgánica, además sirve para calcular la cantidad de oxígeno necesario para estabilizar la materia orgánica mediante un tratamiento biológico, este parámetro se emplea además para medir la eficiencia del tratamiento y en general la DBO es un índice importante de la calidad de los cuerpos de agua, aunque la prueba para su determinación puede durar varios días, lo más común es tenerla a los 5 días y se indica como DBO_5 .

→ Demanda Química de Oxígeno.

Es otro parámetro que permite medir indirectamente el contenido de materia orgánica. El procedimiento se fundamenta en la oxidación de la materia orgánica mediante un oxidante químico fuerte, tal como el dicromato de potasio, en medio ácido, alta temperatura y en presencia de sulfato de plata como catalizador.

La DQO es usualmente mayor que la DBO, ya que son oxidados químicamente una mayor cantidad de sustancias que en la forma bioquímica. Para muchos tipos de desechos la DQO se relaciona con la DBO; cuando se trata de desechos domésticos típicos la DQO es de 1.2 a 1.5 veces mayor que la DBO.

→ Carbono Orgánico Total (COT) o (TOC).

El contenido de carbono orgánico total es también una medida indirecta del contenido de materia orgánica. Su determinación se realiza mediante la combustión catalítica de muestras en un horno a alta temperatura y se mide el bióxido de carbono producido que es proporcional a la cantidad de carbono presente en la muestra. El contenido de bióxido de carbono se determina por espectrofotometría de infrarrojo.

◇ Parámetros Químicos Inorgánicos.

La presencia y concentración de estas sustancias pueden afectar a los organismos de las aguas receptoras por medio de limitantes del crecimiento características tróficas. Las algas y plantas macroscópicas son capaces de utilizar las sustancias inorgánicas como sustrato en su metabolismo. Los elementos que mayormente se utilizan como metabolitos inorgánicos son carbón, amonía - nitrógeno y fósforo. Los nutrientes solos no son desagradables en concentraciones normales; sin embargo si las condiciones naturales lo permiten, son aprovechados para el crecimiento de algas o de otras plantas y causa el aumento de carga orgánica en los cuerpos receptores creando una demanda del recurso oxígeno del agua natural.

Carbón, nitrógeno y fósforo están presentes en las aguas naturales, en formas disponibles para la vida de las plantas. En la mayoría de las aguas naturales, el fósforo está presente en bajas concentraciones, menor que el nitrógeno o el carbono. El fósforo sin embargo se necesita en pequeñas concentraciones para sustentar el crecimiento de las algas. Se han

reportado crecimientos indeseables de algas cuando los niveles de fósforo inorgánico se encuentran en los rangos de 0.01 a 0.05 mg/l. Se requiere nitrógeno en mayores concentraciones que el fósforo para el crecimiento de algas. Dependiendo de las condiciones de la corriente, el carbón inorgánico, el nitrógeno, o el fósforo pueden ser el factor limitante para el crecimiento de algas. Es necesario un estudio cuidadoso del balance de nutrientes y la vida vegetal en los cuerpos de agua, es necesario determinar cual nutriente puede ser removido de las descargas de aguas residuales para retardar en forma mas efectiva el crecimiento de algas.

→ pH

Es la medida de la acidez o basicidad del agua. Los valores de pH mayores de 7.5 y menores de 6.5 afectan a los organismos involucrados en el tratamiento biológico de las aguas residuales.

→ Alcalinidad.

Es la medida del contenido de iones hidróxilo, bicarbonatos y carbonatos. Su efecto es limitante de la actividad biológica.

→ Nitrógeno Amoniacal

Es un nutriente biológico e interviene en el metabolismo bacteriano.

→ Nitratos.

Nutrientes biológicos.

→ Fosfatos.

Nutrientes biológicos.

→ Metales Pesados.

Indican contaminación industrial. Afectan el metabolismo microbiano por ser tóxicos.

→ Oxígeno Disuelto.

Es una medida de la actividad biológica. Se requiere para la respiración de organismos aerobios, de importancia en el tratamiento de aguas residuales.

→ Gases.

Los gases que se encuentran comúnmente en las aguas residuales crudas son: hidrógeno, oxígeno, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico, amoníaco y metano. Aunque todos deber ser considerados en el diseño de los procesos de tratamiento, se debe poner atención a las concentraciones de oxígeno, ácido sulfhídrico y metano dentro de las aguas tratadas.

El oxígeno disuelto es necesario para todas las formas aerobias de vida aún dentro de las instalaciones o en las aguas receptoras. En ausencia de condiciones aerobias, (condiciones anaerobias), la oxidación proviene de la reducción de sales inorgánicas como los sulfatos, o a través de la formación de bacterias productoras de metano. Los productos finales entre ellos el ácido sulfhídrico son siempre muy desagradables. Para eliminar posibles condiciones molestas en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales y en las aguas naturales que reciben los efluentes, es importante que se mantenga un estado aerobio.

⊕ Parámetros Biológicos.

Los microorganismos que son de importancia en el tratamiento de aguas residuales son: bacterias, hongos, algas, protozoarios, rotíferos, crustáceos y virus. La degradación de la materia orgánica es el resultado de la vida de los microorganismos,

→ Bacterias.

Son organismos unicelulares microscópicos cuyo tamaño varía de 0.5 a 6 micras, que se alimentan con material orgánico e inorgánico soluble. Conforme a la temperatura, las bacterias pueden ser criófilas, mesófilas y termófilas, el rango en que mejor funcionan se encuentra entre 12 y 18 °C para las primeras, de 25 a 40 °C para las segundas y 55 a 65 °C para las últimas.

En función del metabolismo, las bacterias, se clasifican en autótrofas y heterótrofas, la fuente de carbón proviene de sustancias inorgánicas para las autotrofas y de materia orgánica para las heterótrofas.

A su vez dichas bacterias pueden ser aerobias, anaerobias y facultativas, en función de las necesidades de oxígeno para su respiración, así las aerobias requieren oxígeno, las anaerobias no, y las facultativas viven en una y otra condición.

La presencia de organismos patógenos, o sea organismos que pueden causar daño a la salud de los seres humanos, se identifican mediante las bacterias del grupo, coliforme y los estreptococos fecales que son los indicadores de contaminación bacteriológica del agua. Un indicador es un organismo que por su presencia demuestra que ha ocurrido la contaminación.

→ Grupo Coliforme.

Incluye a todas las bacterias aerobias, y anaerobias facultativas, gran negativas, no esporuladas, en forma de bacilo corto, que fermentan la lactosa con producción de gas en 24 horas a 35 °C. Este grupo heterogéneo no sólo está presente en las heces humanas, sino que se encuentra en otros ambientes como son aguas negras, aguas dulces superficiales, suelo y vegetación.

En el grupo de coliformes se encuentran las siguientes:

- a) *Escherichia coli*, *E. aureacens*, *E. freundii*, *E. intermedia*.
- b) *Enterobacter aerogenes*, *E. cloacae*.
- c) Intermediarios bioquímicos entre los géneros *Escheirichia* y *Enterobacter*

El grupo coliforme se subdivide en dos categorías fecal y no fecal. Esta subdivisión se basa en la suposición de que *Escherichia coli* y otras cepas estrechamente relacionadas son de origen fecal, mientras que *Enterobacter aerogenes* y sus relativos más cercanos no son de origen fecal directo.

Las características que hacen de los coliformes buenos indicadores de contaminación son las siguientes:

A) Grupo coliforme total.

1) Ventajas.

- La ausencia de coliformes es una evidencia de la potabilidad bacteriológica del agua.
- La densidad de coliformes es una medida proporcional aproximada de la contaminación por desechos fecales.

- Si están presentes las bacterias patógenas de origen intestinal, las bacterias coliformes deben existir en mayor número, ya que están siempre presentes en el intestino de humanos y animales de sangre caliente, y se eliminan en gran número por las heces.
- Los coliformes persisten en medio acuático más, que las bacterias patógenas de origen intestinal.
- Los coliformes son generalmente menos dañinos al hombre y pueden determinarse cuantitativamente por los procedimientos rutinarios de laboratorio,

II) Desventajas.

- Algunos miembros de grupo coliforme tienen una amplia distribución en el medio ambiente en comparación a su presencia en los intestinos de animales de sangre caliente.
- Algunas cepas del grupo coliforme pueden crecer en aguas contaminadas y por consiguiente esto hacer difícil la evaluación de la presencia o grado de contaminación.
- Otras bacterias pueden interferir con la prueba de los coliformes dando resultados falsos positivos o falsos negativos, por ejemplo: E. aerogenes o Pseudomonas.

B) Grupo coliforme fecal.

I) Ventajas.

- El 95% de los coliformes de origen fecal da positiva la prueba de la temperatura.
- Estos organismos están relativamente ausentes si la contaminación no es de origen fecal.
- El tiempo de supervivencia del grupo conforme fecal en aguas es más corto que el de los coliformes no fecales. Por consiguiente una densidad alta de coliformes fecales indica una contaminación relativamente reciente.
- Los coliformes fecales generalmente no se multiplican fuera de los intestinos de los animales de sangre caliente.

II) Desventajas.

- Un número pequeño de coliformes fecales da negativa la prueba de la temperatura.
- Actualmente se conoce poco acerca de la supervivencia relativa de los coliformes fecales y de las bacterias patógenas entéricas en aguas contaminadas.

→ Grupo de los Estreptococos Fecales.

Indican una contaminación peligrosa y demuestran que ha ocurrido recientemente, ya que en aguas no contaminadas nunca se encuentran. Son característicos de la contaminación fecal y están presentes en las heces humanas y de animales de sangre caliente. Se definen como: "Cocos gran +", que forman generalmente pares o cadenas cortas, crecen en presencia de sales biliares, se pueden multiplicar y desarrollar a 45 °C, producen ácido, pero no gas cuando fermentan manitol y lactosa, no fermentan la rafinosa ni reducen los nitratos a nitritos, producen ácido en leche tomasolada precipitando la caseína, resistentes al calor, a condiciones alcalinas y a elevadas concentraciones de sales.

Ventajas y desventajas de los análisis de estreptococos fecales.

- Viven menos tiempo en el medio acuático que el grupo de coliformes, excepto cuando el agua tiene un contenido elevado de electrólitos como son las aguas de riego.
- No se reproducen con tanta frecuencia como los coliformes, ya que requieren mayor número de nutrientes.
- Desarrollan resistencia a los procesos de cloración del agua, mientras que los coliformes son más susceptibles a la desinfección por cloración.
- La relación CF/EF (coliformes fecales / estreptococos fecales) nos indica que: si es mayor de 4.0 la contaminación es de origen fecal humano, y si la relación es menor de 0.7 el origen de la contaminación es fecal no humana.

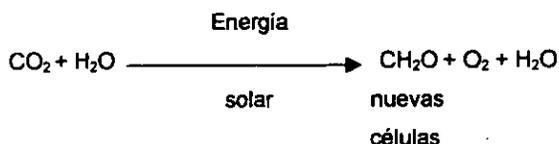
El análisis bacteriológico del agua se determina mediante la prueba de Tubos Múltiples, teniendo como resultado el número más probable de bacterias coliformes por cada 100 ml. (NMP/100 ml), también se utiliza el método de filtro de membrana.

→ Hongos.

Son organismos multicelulares no fotosintéticos (su fuente de energía es diferente a la solar) y heterótrofos. La mayoría de los hongos son aerobios estrictos y tienen la propiedad de vivir a niveles de pH muy bajos, del orden de 2 unidades y altos cercanos a 9 lo cual les hace ser importantes en el tratamiento de desechos industriales y en la digestión o composteo de desechos sólidos.

→ Algas.

Son organismos unicelulares o multicelulares, autótrofos y fotosintéticos. Esta última propiedad tiene importancia en el tratamiento de aguas residuales, mediante lagunas de estabilización aeróbicas, puesto que en la reacción de fotosíntesis se forma oxígeno, según la siguiente ecuación:



→ Protozoarios.

Son organismos microscópicos usualmente unicelulares. Son en su mayoría aeróbicos, heterótrofos y utilizan las bacterias como fuente de energía al ingerirlas, con lo cual ejercen una acción de pulimento en los procesos biológicos.

→ Rotíferos.

Son organismos aeróbicos, heterótrofos y multicelulares. Son muy efectivos en el consumo de bacterias dispersas y pequeñas partículas de materia orgánica. Su presencia indica una alta eficiencia de remoción en los procesos aeróbicos biológicos.

→ Crustáceos.

También son organismos aeróbicos, heterótrofos y multicelulares; indican efluentes con bajos contenidos de materia orgánica y altas concentraciones de oxígeno disuelto.

→ Virus.

Son organismos de tamaño menor, que sólo pueden verse con el microscopio electrónico. Son parásitos obligados que requieren de un huésped (célula) para vivir y reproducirse. Dado que algunos virus producen enfermedades y son excretados con la materia fecal humana, se requiere eliminarlos usualmente mediante cloración de los afluentes de las plantas de tratamiento.

◇ Descripción de los Principales Parámetros

Los parámetros físicos, químicos y biológicos, tal como se han mencionado presentan características específicas y algunos son útiles como indicadores de contaminación reciente o de grado de avance en los procesos naturales o inducidos de purificación, ya sea por su presencia o ausencia (ver cuadro 2.8)

Componente	Concentración
Sólidos Totales (ST)	980
Volátiles (STV)	260
No Volátiles	720
Sólidos Suspendedos Totales (SSTV)	200
Volátiles (SSTV)	160
No Volátiles	40
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	400
Suspendida	250
Soluble	150
Biodegradable	300
Soluble Biodegradable	150
Suspendida Biodegradable	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	200
Soluble	100
Suspendida	100
Calcio (Ca)	60
Magnesio (Ma)	24
Sodio (Na)	80
Potasio (K)	8
Fosfato (PO ₄)	30
Sulfato (SO ₄)	80
Silicato	26
Cloro (Cl)	100
Bicarbonato (HCO ₃)	280
Nitrógeno Amoniacal (NH ₃)	30
Nitrógeno Orgánico (-N)	20

Cuadro 2.7 Resultados de algunos análisis de aguas domésticas típicas.

⊕ Parámetros requeridos para su reuso

Anteriormente desde que el Distrito Federal tenía regente, hasta la actualidad en que cuenta con un jefe de gobierno, se han puesto en marcha una serie de proyectos para la revisión de la calidad del agua residual tratada, así como para identificar otros aspectos como son el crecimiento de la red de distribución para poder llegar a más usuarios, uno de estos proyectos data de el año de 1997, el cual fue sometido a contrato a una compañía particular y el cual tiene entre otros los siguientes objetivos:

- Experimentar en la aguas residuales, generadas en el Distrito Federal, diversos procesos de tratamiento con la finalidad de establecer los criterios de calidad que deben cumplir los diferentes reusos dentro de la ciudad.
- Experimentar mediante procesos físicos y biológicos en las aguas residuales hasta obtener las calidades de agua requerida.
- Evaluar la eficiencia de los trenes de tratamiento en función de las calidades requeridas para los diferentes reusos.

Los resultados que se tuvieron de la caracterización del agua residual, según los diferentes trenes de tratamiento se presentan en el cuadro 2.10, en el cual dependiendo del tren de tratamiento, ya se biológico, fisicoquímico, primario avanzado, o avanzado, se tienen todos los parámetros, en los que podemos ver que en general cumplen con los parámetros más importantes.

PARAMETRO	Unidad	DESCRIPCIÓN
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/l	Cantidad de oxígeno requerida por la materia orgánica disuelta para su descomposición.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	Cantidad de oxígeno requerida para la oxidación de toda la materia oxidable, incluyendo materia orgánica e inorgánica.
Oxígeno disuelto	mg/l	Oxígeno molecular disuelto en el agua, indispensable para la supervivencia de la mayoría de los organismos aerobios.
Coliformes fecales y totales	NMP / 100 ml.	Grupo de bacterias que tienen su desarrollo en el conducto intestinal de los humanos, su presencia indica contaminación fecal y posiblemente, bacterias patógenas.
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/l	(Detergentes) sustancias solubles que abaten la tensión superficial, desintegran las partículas aglomeradas y emulsifican las grasas. Pueden ser inhibidoras de los procesos biológicos de tratamiento.
Nitrógeno de nitritos y nitratos	mg/l	El primero representa una etapa intermedia de oxidación; el nitrógeno de nitratos es el producto final de la oxidación del nitrógeno.
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	Junto con el nitrógeno orgánico integra el nitrógeno total que, aún cuando es un nutriente bioestimulante que beneficia los procesos biológicos puede causar eutroficación en cuerpos receptores. Se encuentra como sales de amoníaco o como amoníaco libre; en el agua residual indica contaminación reciente con productos nitrogenados.
Fosfatos totales	mg/l	El fósforo es un nutriente que también puede estimular el crecimiento de algas; proviene de la excreción humana y de los detergentes.
Grasas y aceites	mg/l	Incluye grasas de origen vegetal, animal y derivados del petróleo; pueden causar obstrucciones en las líneas de conducción, formación de natas o inhibición del desarrollo de poblaciones bacterianas.
Conductividad	µS/cm	Se relaciona con la concentración de sólidos disueltos, y es proporcional al pH, la turbiedad y el color.
Alcalinidad	mg/l	La acidez y la alcalinidad miden la capacidad de la muestra para reaccionar con los iones oxhidrilos y los iones hidrógeno, respectivamente. Se divide en alcalinidad a la fenolftaleína y al anaranjado de metilo o total. Se expresa en mg/l como Ca CO ₃ . Ayuda a amortiguar los cambios en el pH aunque puede ser perjudicial para los procesos biológicos y causar problemas por incrustaciones en los productos.
Dureza total	mg/l	Propiedad debida a la presencia de iones metálicos de calcio y magnesio, principalmente, además del fierro y el estroncio, evita que el jabón haga espuma y produce incrustaciones en los sistemas de agua caliente. Causa desventajas económicas aunque no representa un riesgo para la salud.
Potencial Hidrógeno (pH)	Unidad	Es el logaritmo común negativo de la actividad del ión hidrógeno. Es una medida del equilibrio ácido - base de compuestos disueltos.
Color	Unidades	El color aparente indica la presencia de sustancias disueltas y suspendidas en el agua, si las segundas son removidas, se dice que el color es verdadero. Para su determinación existen métodos colorimétricos visuales e instrumentales.
Sólidos sedimentables	ml/l	Los sólidos presentes en el agua se dividen en sedimentables, disueltos y suspendidos. Los sedimentables se miden mediante su decantación en un cilindro de un litro. También se pueden medir en un cono IMHOFF.
Sólidos Disueltos, Suspendidos, Fijos y Volátiles	mg/l	Los disueltos se deben a materia soluble y los suspendidos son partículas discretas que se retienen en un filtro. Cada uno o se divide, a su vez en sólidos fijos, que son aquellos que quedan después de la calcinación de la muestra, y volátiles, al resto del peso original de la misma; son un índice de contenido de materia mineral y orgánica respectivamente.
Metales pesados	mg/l	Algunos materiales tienen efectos tóxicos sobre la materia viva aún en concentraciones mínimas. Los principales son el plomo, el magnesio, el cromo hexavalente, el cadmio y el mercurio.
Turbiedad (UT)	Unidades	La turbiedad es la propiedad que impide la penetración de la luz en la muestra. En campo se mide con el disco de Secci o con un alambre de platino; en laboratorio, con el turbidímetro de Jackson o mediante técnicas nefelométricas. Tiene relación directa con la materia sólida presente en el agua.
Cloruros	mg/l	Son sustancias inorgánicas presentes en la orina, no removibles en procesos biológicos indican posible infiltración de aguas salobres o, en combinación con nitritos, nitratos y amoníaco, contaminación de las aguas residuales.

Cuadro 2.8 Principales parámetros de calidad del agua.

Es importante aclarar en que consiste cada tren de tratamiento, ya que la D.G.C.O.H. puede definir de manera confusa cada uno de ellos, para así conocer de que se está hablando antes de corroborar y dar conclusiones sobre la calidad del agua de la red entonces:

Los trenes de tratamiento experimentados para realizar la determinación de la calidad de las aguas fueron:

- Tratamiento Biológico (B)
- Tratamiento Físicoquímico (F)
- Primario Avanzado (P)
- Tratamiento Avanzado (A)

→ Tratamiento biológico (B).

El tratamiento biológico de las aguas residuales es un ejemplo clásico de procesos en gran escala que han tenido éxito en un área vital de la biotecnología, resultante de la aplicación coordinada de la ingeniería y la microbiología, existe un gran número de sistemas biológicos de tratamiento de uso corriente para aguas residuales industriales y domésticas, entre ellos destaca el de lodos activados.

El proceso de lodos activados es una técnica de tratamiento en la cual el agua residual y los microorganismos son mezclados y aerados en un tanque comúnmente llamado de aereación (reactor biológico); en este reactor, a medida que los microorganismos se reproducen y crecen, se agrupan y van formando floculos para producir una masa activa de microorganismos llamada "lodo activado" (biomasa), esta mezcla de lodo activado y agua residual en el tanque de aereación es llamado licor mezclado.

El licor mezclado fluye del tanque de aereación al clarificador secundario donde después de un tiempo de retención el lodo activado se sedimenta, produciéndose la separación del lodo y del agua.

Una parte del lodo sedimentado, es regresado al tanque de aereación para mantener la población de microorganismos que generarán la biodegradación de la materia orgánica presente en el agua residual.

La técnica para establecer la cantidad de lodo recirculado, considera las variantes de edad del lodo o concentración en el licor mezclado.

Debido a que el lodo que se produce en el proceso es mayor que el requerido, se desecha una determinada cantidad al sistema de manejo de lodos para su tratamiento y disposición.

- Digestión de Lodos.

Existen diversas maneras de tratamiento de lodos de purga, incineración, estabilización con cal, techos de secado y digestión en las modalidades aerobia y anaerobia, estos procesos tienen como finalidad reducir los riesgos a la salud debido a su manejo y disposición así como reducir los volúmenes producidos.

- Digestión aerobia de Lodos.

La digestión aerobia es un proceso en el cual se produce una aereación por un periodo significativo de tiempo de una mezcla de lodo digerible de la clarificación primaria y lodo del tratamiento biológico aerobio, con el resultado de una destrucción de células y una disminución de sólidos suspendidos volátiles.

El objetivo principal de la digestión aerobia es reducir el total de lodos que se debe evacuar posteriormente. Esta reducción es el resultado de la conversión por oxidación de una parte sustancial de lodo en productos volátiles.

La velocidad de destrucción de células está en función de la relación alimento / microorganismos. En consecuencia, a mayor proporción de lodos del primario en el proceso, es más lenta la digestión, ya que los lodos del primario tienen una DBO relativamente alta y bajos sólidos suspendidos, lo que significa altos valores de la relación alimento / microorganismos (F/M).

En el caso de la digestión aerobia son menores que en los procesos anaerobios, lo que significa menores inversiones en capacidad o volumen del digestor. Por otro lado, sin embargo, los costes de la energía para la aereación pueden ser un factor importante en grandes plantas.

- Digestión anaerobia de Lodos.

En la digestión anaerobia, la materia orgánica se descompone por la acción de los microorganismos en la ausencia de oxígeno, y se produce metano y anhídrido carbónico; se utiliza principalmente para la estabilización de los lodos provenientes de las plantas de tratamiento.

En el proceso anaerobio la tasa a la que se puede llevar a cabo el tratamiento no está limitado por la tasa que se le pueda suministrar de oxígeno; se ahorra el costo de energía necesaria para la transferencia de oxígeno, y cuando se utiliza el metano generado, el proceso puede ser un productor de energía neta.

Las materias que no se ven afectadas en el proceso aerobio, tales como las celulosas y las grasas, son descompuestas en el proceso anaerobio, además de que en los sistemas que cuentan con calentamiento se destruye una gran parte de causantes de enfermedades, aunque no necesariamente todos.

→ Tratamiento fisicoquímico (F).

El tratamiento fisicoquímico de las aguas residuales es un proceso unitario de acondicionamiento de calidad, frecuentemente empleado cuando se precisa controlar la turbiedad, color, las concentraciones presentes de compuestos de fósforo, algunos metales pesados, fracciones de material orgánico complejo y algunos quistes de parásitos (huevos de helmintos).

Este proceso ha sido muy difundido, no obstante, su aplicación es fundamentalmente limitada por conceptos de índole económica.

Este proceso consiste en:

Adición de productos químicos (coagulantes) a las aguas residuales para la remoción de sólidos y otros contaminantes mediante precipitación

Mezclado rápido de los productos químicos con el agua para dispersar estos en forma homogénea.

Sedimentación en condiciones de calma para permitir la separación de los floculos formados de las aguas residuales.

Los productos químicos más empleados como floculantes se pueden dividir en tres categorías:

a) Cal.

La cal es usada como coagulante para la remoción tanto de fósforo como de dureza de calcio.

También es eficiente en la remoción de sólidos suspendidos, turbiedad y muchos de los contaminantes presentes solo en trazas en el agua residual, el efluente de este proceso presenta un pH elevado que de no requerirse para procesos subsecuentes, debe ser reducido antes de la descarga del efluente.

Para la reducción del pH, el proceso de recarbonatación es empleado comúnmente aunque para plantas pequeñas (menores que 100 lps) el empleo de algún ácido es una alternativa viable.

Otro aspecto de interés de la cal como coagulante es su recuperación, en especial en plantas grandes, ya que esto ha resultado económicamente factible mediante el empleo de hornos de recalcinación de los lodos sedimentados en el proceso.

b) Sales de aluminio.

El aluminio, en la forma de sulfato de aluminio, reacciona con los ortofosfatos y la alcalinidad.

En este caso no existe a la fecha un método económicamente factible para la recuperación del sulfato de aluminio, por lo que su manejo y disposición recae dentro del manejo de lodos del sistema en su conjunto.

c) Sales de fierro y polímeros

Con lo que respecta a las sales de fierro, principalmente cloruro férrico, son efectivas en la remoción de sólidos suspendidos y fósforo de las aguas residuales.

Estas sales se dosifican en general conjuntamente con cal e hidróxido de sodio, con objeto de aumentar el pH del agua y con esto producir un buen flóculo.

Como en el caso de las sales de aluminio, no existe un método económico para la recuperación del producto.

Los polímeros y electrólitos, son usados frecuentemente como ayudas adicionales de sedimentación. Estos productos incrementan la sedimentabilidad de sólidos finos y ligeros, la selección e identificación de estos productos se hace en forma general mediante pruebas de laboratorio (pruebas de jarras).

La operación y mantenimiento de los sistemas de clarificación química es compleja por varias razones.

En primer lugar, el manejo de productos químicos requiere mayores medidas de seguridad en la planta de tratamiento; así mismo, los sistemas de dosificación de productos químicos requieren de mucha atención para garantizar que las cantidades sean las correctas y que se apliquen en forma continua, ya que una aplicación baja reduce considerablemente la eficiencia del sistema, mientras que un exceso además de costoso, causa un efluente de baja calidad; finalmente, el equipo mecánico necesario para éste proceso debe recibir un adecuado mantenimiento preventivo.

→ **Tratamiento Primario Avanzado (P).**

Los elementos de que consta un tren de tratamiento primario avanzado son básicamente los iniciales del tratamiento fisicoquímico, ya que consta de cámara de mezclado, sedimentador primario, filtración y desinfección.

A diferencia del proceso fisicoquímico convencional, el objetivo principal del tratamiento primario avanzado, es la remoción de huevos de parásitos y helmintos, sin remover significativamente los nutrientes presentes en el agua residual, de tal forma que el efluente de este tratamiento se pueda emplear en agricultura sin riesgos a la salud.

La operación de este proceso consiste en la adición de un floculante y un ayudante de floculación en la cámara de mezcla, con la finalidad de producir un floculo más pesado que en los tratamientos antes mencionados ofreciendo la ventaja de que el tiempo de retención es más corto y por consiguiente, los caudales a tratar pueden ser incrementados.

Así también, otro elemento importante al tratamiento primario avanzado, es el de filtración, pues en este proceso se puede garantizar un efluente con menos turbidez, y principalmente se lleva a cabo la remoción de parásitos enquistados.

→ **Tratamiento avanzado (A).**

La tecnología aplicada para el tratamiento de las aguas residuales ha respondido a los requerimientos que establecen los reglamentos, para prevenir y controlar la contaminación del agua.

De esta forma, los requisitos para reusar las aguas son más estrictos dependiendo de la actividad usuaria a la que se destinen, lo que implica un desarrollo tecnológico que permita remover los contaminantes tanto domésticos como industriales.

Para este nivel de tratamiento el efluente de un tratamiento secundario proveniente de un proceso biológico o bien de un fisicoquímico se somete a uno o varios procesos subsecuentes para proporcionar una mejor calidad de agua tratada (pulimiento), según sea el uso final al que se destine.

Entre los procesos unitarios más citados para incrementar la calidad del agua residual, se encuentran: filtración, adsorción, ozonación y osmosis inversa, los cuales se describen brevemente a continuación.

- **Filtración.**

Remueve sólidos suspendidos y metales, generalmente se emplea después del tratamiento secundario para disminuir la carga de sólidos sobre el medio filtrante y evitar la oclusión de éste en periodos cortos.

- **Adsorción.**

Remueve compuestos orgánicos complejos y organometálicos disueltos por atracción y acumulación en superficies adsorventes. Las eficiencias dependen de la polaridad, solubilidad, ramificación y el peso molecular del compuesto.

- **Ozonación.**

Se utiliza para remover amoníaco y reducir la concentración de materia orgánica, bacterias y virus.

- **Osmosis inversa.**

Remueve con gran eficiencia sustancias disueltas en forma de sales, mediante la microfiltración en una membrana semipermeable, trabajando a una presión mayor a la osmótica y en sentido inverso, también remueve compuestos

→ **Análisis de Resultados.**

Como se puede ver en el cuadro 2.11, en la corroboración de las actividades permitidas según la calidad del agua, resulta preocupante que para ninguna de las actividades se cumpla con el color, ya que es uno de los principales parámetros que dan confianza al usuario.

En la calidad del agua para contacto directo con los seres humanos, el problema es que no se cumple sobre todo con los coliformes fecales, ya que estos son como se explica anteriormente los principales causantes de enfermedades en los seres humanos.

En el agua para agricultura, el problema aparte de ser el de coliformes fecales, se presenta también en las grasas y aceites, los cuales pueden afectar de manera grave a los cultivos debido al deterioro de la tierra; en el caso de los sólidos, tanto para este reuso como para el de riego de áreas verdes, no es que no sea importante el cumplir con la norma, sino que como al fin el agua va a dar a la tierra, la cantidad de sólidos que le pueda agregar, considero yo no es de mucha importancia.

En el caso del agua para uso industrial, el problema se presenta en los minerales, en los sólidos y en las grasas siendo esto de consideración, ya que como en la industria se tiende generalmente el hacer circular el agua por tuberías, se pueden presentar oclusiones, por consiguiente efectos negativos que pueden ser desde fugas hasta explosiones.

Problemas y Perspectivas del Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales en el Distrito Federal

Grupo de Parámetros	Unidades	Contacto Directo	Agricultura	Llenado de Lagos	Riego A. Verdes	Industrial y Enfriamiento
FISICOS						
pH		6.5 - 8.5	6.0 - 9.0	6.5 - 8.3	6.0 - 9.0	5.0 - 8.3
Color	PvCo	15	60	40	60	60
Turbiedad	UNT	10	10	30	20	10
MINERALES						
Alcalinidad Total	mg/l	111	500	500	500	300
Dureza Total	mg/l	625	625	625	625	325
Dureza de Calcio	mg/l	375	375	375	375	75
Dureza de Magnesio	mg/l	250	250	250	250	250
Cond. Eléctrica	usiem/cm	2000	2000	3500	2000	2000
Cloruros	mg/l	250	147	250	500	600
Sulfatos	mg/l	250	400	250	400	700
Boro	mg/l	1	0.5	5	1	5
SÓLIDOS						
Sólidos Totales	mg/l	1200	500	1200	500	1200
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1200	490	1200	490	1200
Sólidos Disueltos Fijos	mg/l	1190	400	1190	400	1190
Sólidos Disueltos Volátiles	mg/l	10	90	10	90	10
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	20	50	15	50	15
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/l	10	30	10	30	10
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/l	15	20	5	20	5
NUTRIENTES						
Nitrógeno Amoniacoal	mg/l	5	15	5	15	15
Nitrógeno Nitratos	mg/l	10	10	10	30	30
Fósforo Total	mg/l	5	5	1	5	1
Fosfatos Totales	mg/l	3	3	15	15	15
Nitrógeno de Nitratos	mg/l	5	10	10	10	10
ALC. Y ALCA. TERR.						
Sodio Total	mg/l	250	250	250	250	500
Potasio Total	mg/l	250	250	250	250	250
BIOLÓGICOS						
Coliformes Fecales	col/100 ml.	100	100	200	200	200
Coliformes Totales	col/100 ml.	1000	1000	1000	1000	10000
MATERIA ORGÁNICA						
D.B.O. ₅ Total	mg/l	20	20	20	20	20
D.B.O. ₅ Soluble	mg/l	5	5		5	
D.Q.O. Total	mg/l	50	50	50	50	75
D.Q.O. Soluble	mg/l	30	30		30	
GRASAS Y ACEITES						
Grasas y Aceites	mg/l	3	3	1	5	1
DETERGENTES						
S.A.A.M.	mg/l	0.5	0.5	3	1	0.5

Cuadro 2.9 Criterios para el uso de agua residual tratada

Grupo de Parámetros	Tren de Tratamiento				
	Unidades	Biológico	Físico - Químico	Primario Avanzado	Avanzado
FÍSICOS					
pH		8	8	7.6	7.87
Color	Pt/Co	158.33	73	112.5	72.08
Turbiedad	UNT	110	3	58.88	41.87
MINERALES					
Alcalinidad Total	Mg/l	606.16	451	367.3	467.5
Dureza Total	Mg/l	212.33	223	183.5	202
Dureza de Calcio	Mg/l	109.16	108	84.1	100
Dureza de Magnesio	Mg/l	103.17	115	99.9	102
Cond. Eléctrica	Usiemens/cm	1726	2110	1484.9	1657.5
Cloruros	Mg/l	202.67	263	162.3	182.17
Sulfatos	Mg/l	156.83	119	120.4	139.33
Boro	Mg/l	1.98	1.9	0.49	1.43
SÓLIDOS					
Sólidos Totales	Mg/l	1301	1376	1005.6	1084.67
Sólidos Disueltos Totales	Mg/l	1157.5	1367	897.1	1047.33
Sólidos Disueltos Fijos	Mg/l	974.67	1175	697.6	753
Sólidos Disueltos Volátiles	Mg/l	207.83	191	209.5	294.33
Sólidos Suspendidos Totales	Mg/l	135.17	8	108.5	37.33
Sólidos Suspendidos Fijos	Mg/l	51.5	10	37.6	9
Sólidos Suspendidos Volátiles	Mg/l	83.5	8	70.9	28.33
NUTRIENTES					
Nitrógeno Amoniacal	Mg/l	24.67	1	29.7	18.33
Nitrógeno Nitrosos	Mg/l	0.135	10	0.28	0.26
Fósforo Total	Mg/l	8.42	8	54.93	2.88
Fosfatos Totales	Mg/l	26	23	14.74	8.88
Nitrógeno de Nitritos	Mg/l	0.05	0.45	0.05	0.07
ALC. Y ALCA. TERR.					
Sódio Total	Mg/l	289.46	313.1	171.63	264.75
Potasio Total	Mg/l	37.63	48.6	32.05	39.45
BIOLOGICOS					
Coliformes Fecales	col/100 ml.	4.46E+04	135.1	3.43E+04	4.05E+06
Coliformes Totales	col/100 ml.	1.44E+04	390.7	3.73E+04	2.38E+07
MATERIA ORGÁNICA					
D.B.O. ₅ Total	Mg/l	114.5	4.9	198.8	45
D.B.O. ₅ Soluble	Mg/l	80	3.8	99.1	29.33
D.Q.O. Total	Mg/l	259.33	73.1	351.6	115.5
D.Q.O.- Soluble	Mg/l	189.5	69.1	275.5	91.67
GRASAS Y ACEITES					
Grasas y Aceites	Mg/l	9.88	5.3	61.85	3.84
DETERGENTES					
S.A.A.M.	Mg/l	21.63	0.4	8.58	3.9

Cuadro 2.10 Resumen de calidad para los trenes de tratamiento de agua residual.

Grupo de Parámetros	Contacto Directo	Agricultura	Llenado de Lagos	Riego A. Verdes	Industrial y Enfriamiento
FÍSICOS					
PH	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A
Color	-	-	-	-	-
Turbiedad	F	F	F	F	F
MINERALES					
Alcalinidad Total	-	F,P,A	F,P,A	F,P,A	-
Dureza Total	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A
Dureza de Calcio	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	-
Dureza de Magnesio	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A
Cond. Eléctrica	B,P,A	B,P,A	B,F,P,A	B,P,A	B,P,A
Cloruros	B,P,A	-	B,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A
Sulfatos	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A
Boro	P	P	B,F,P,A	P	B,F,P,A
SÓLIDOS					
Sólidos Totales	P,A	-	P,A	-	P,A
Sólidos Disueltos Totales	B,P,A	-	B,P,A	-	B,P,A
Sólidos Disueltos Fijos	B,F,P,A	-	B,F,P,A	-	B,F,P,A
Sólidos Disueltos Volátiles	-	-	-	-	-
Sólidos Suspendedos Totales	F	F,A	F	F,A	F
Sólidos Suspendedos Fijos	F,A	F,A	F,A	F,A	F,A
Sólidos Suspendedos Volátiles	F	F	F	F	F
NUTRIENTES					
Nitrógeno Amónico	F	F	F	F	F
Nitrógeno Nitrosos	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A
Fósforo Total	A	A	-	A	-
Fosfatos Totales	-	-	P,A	P,A	P,A
Nitrógeno de Nitritos	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A
ALC. Y ALCA. TERR.					
Sodio Total	P	P	P	P	B,F,P,A
Potasio Total	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A	B,F,P,A
BIOLOGICOS					
Coliformes Fecales	-	-	F	F	F
Coliformes Totales	F	F	F	F	F
MATERIA ORGÁNICA					
D.B.O. ₅ Total	F	F	F	F	F
D.B.O. ₅ Soluble	F	F	-	F	-
D.Q.O. Total	-	-	-	-	F
D.Q.O. Soluble	-	-	-	-	-
GRASAS Y ACEITES					
Grasas y Aceites	-	-	-	A	-
DETERGENTES					
S.A.A.M.	F	F	F	F	F

Cuadro 2.11 Corroboración de resultados.

- El tratamiento de aguas residuales como oportunidad de negocio.

⊕ Situación actual del uso y los usuarios.

Actualmente en los rubros en donde se está recuperando mayor cantidad de agua, potable, es en los que se refieren al riego de áreas jardinadas, al riego de zonas destinadas al cultivo y en diversos procesos comerciales e industriales en los que se permiten el empleo de este tipo de agua.

Como ya se vió en el primer apartado de este capítulo, existen diversos usos que se le pueden dar a las aguas tratadas y dependiendo de la delegación, existen usos específicos como por ejemplo, en las delegaciones de Tlahuac y Milpa Alta, se tiene un gran uso en riego de cultivos mientras que en la Cuauhtemoc, el principal uso es el riego de jardines, es por ello que a continuación se presenta un resumen por delegación de la cantidad de agua tratada demandada, la que es distribuida por diferentes medios, ya sea directamente de la red de distribución o mediante carros tanque:

Delegación: Álvaro Obregón

Planta de Tratamiento: Santa Fé

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones)	28.26 Ha	15.69 Ha	87.83 Ha
Demanda de Agua Residual Tratada	1187 m ³ /día	659 m ³ /día	616 m ³ /día
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales, panteones y deportivos)		294.43 Ha	
Demanda de Agua Residual Tratada		12367 m ³ /día	
2. Área del Rubro Comercial		21 m ³ /día	190 m ³ /día
3. Área Industrial		85 Ha	
Demanda de Agua Residual Tratada		1250 m ³ /día	
4. Recarga de Acuífero (en Proyecto)		17280 m ³ /día	

Delegación: **Ázcapotzalco**

Planta de Tratamiento: **El Rosario**

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones)	32.80 Ha	59.57 Ha	68.43 Ha
Demanda de Agua Residual Tratada	1378 m ³ /día	5155 m ³ /día	200 m ³ /día
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales panteones y deportivos)	24.75 Ha	208.84 Ha	
Demanda de Agua Residual Tratada	1040m ³ /día	8771m ³ /día	
2. Área del Rubro Comercial		13m ³ /día	146m ³ /día
3. Área industrial	827 Ha		
Demanda de Agua Residual Tratada	2157 m ³ /día		

Delegación: **Benito Juárez**

Planta de Tratamiento: **No tiene**

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones)	25.49 Ha	283 Ha	13.90 Ha
Demanda de Agua Residual Tratada	1070m ³ /día	452 m ³ /día	115 m ³ /día
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales panteones y deportivos)	1.20 Ha	1.84 Ha	
Demanda de Agua Residual Tratada	50m ³ /día	77m ³ /día	
2. Área del Rubro Comercial		10m ³ /día	96m ³ /día
3. Área industrial		48 Ha	
Demanda de Agua Residual Tratada		706m ³ /día	

Delegación: Coyoacán

Planta de Tratamiento: C.U. y Coyoacán

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones) Demanda de Agua Residual Tratada	93.02 Ha 3907 m ³ /día	418.07 Ha 17493 m ³ /día	19.71 Ha 66 m ³ /día
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales panteones y deportivos) Demanda de Agua Residual Tratada		371.82 Ha 15618 m ³ /día	
2. Área del Rubro Comercial		33 m ³ /día	237 m ³ /día
3. Área industrial Demanda de Agua Residual Tratada		163 Ha 2396 m ³ /día	

Delegación: Cuajimalpa

Planta de Tratamiento: No existe

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones) Demanda de Agua Residual Tratada		284 Ha 9542 m ³ /día	19.48 Ha 19 m ³ /día
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales panteones y deportivos) Demanda de Agua Residual Tratada		3.75 Ha 158 m ³ /día	
2. Área del Rubro Comercial		4 m ³ /día	42 m ³ /día
3. Área industrial Demanda de Agua Residual Tratada		148 Ha 2148 m ³ /día	

Delegación: Cuauhtemoc

Planta de Tratamiento: Tlatelolco

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones)	27.76 Ha	17.76 Ha	16.36 Ha
Demanda de Agua Residual Tratada	1166m ³ /día	1256 m ³ /día	177 m ³ /día
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales panteones y deportivos)	8.75 Ha		
Demanda de Agua Residual Tratada	368m ³ /día		
2. Área del Rubro Comercial		30m ³ /día	130m ³ /día
3. Área industrial		125 Ha	
Demanda de Agua Residual Tratada		1838	

Delegación: Gustavo A. Madero

Planta de Tratamiento: Ac. Gpe. y S. Juan de A.

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones)	330.41Ha	193.59 Ha	22.93Ha
Demanda de Agua Residual Tratada	13877m ³ /día	8131 m ³ /día	63 m ³ /día
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales panteones y deportivos)	176.25 Ha		
Demanda de Agua Residual Tratada	7402m ³ /día		
2. Área del Rubro Comercial		45m ³ /día	95m ³ /día
3. Área industrial	125 Ha		
Demanda de Agua Residual Tratada	1838 m ³ /día		
4. Áreas de Lagos para uso recreativo	13 Ha		
Demanda de Agua Residual Tratada	596 m ³ /día		
5. Recarga de Acuífero		19872m ³ /día	

Delegación: Iztacalco

Planta de Tratamiento: Iztacalco y Cd. Deportiva

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones) Demanda de Agua Residual Tratada	35.05 Ha 1472m ³ /día	5.76 Ha 242m ³ /día	24.7Ha 40m ³ /día
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales panteones y deportivos) Demanda de Agua Residual Tratada	4.50 Ha 189m ³ /día	168.80 Ha 7090m ³ /día	
2. Área del Rubro Comercial		9 m ³ /día	42m ³ /día
3. Área industrial Demanda de Agua Residual Tratada		252 Ha 3704m ³ /día	
4. Recarga de Acuífero		432m ³ /día	

Delegación: Iztapalapa

Planta de Tratamiento: Cerro de la Estrella

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones) Demanda de Agua Residual Tratada	164.77 Ha 6920m ³ /día	226.02 Ha 11801m ³ /día	61.15 Ha 260m ³ /día
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales panteones y deportivos) Demanda de Agua Residual Tratada	183.35 Ha 8121m ³ /día	132.84 Ha 5580m ³ /día	
2. Área del Rubro Comercial		13 m ³ /día	58m ³ /día
3. Área industrial Demanda de Agua Residual Tratada	316 Ha 4845m ³ /día		
4. Recarga de Acuífero		52704m ³ /día	

Delegación: Magdalena Contreras Planta de Tratamiento: No tiene

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones) Demanda de Agua Residual Tratada		32.07 Ha 449 m ³ /día	15.83 Ha 20m ³ /día
2. Área para Obtener Productos Agrícolas Demanda de Agua Residual Tratada		431 Ha 14482m ³ /día	
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales, panteones y deportivos) Demanda de Agua Residual Tratada		105.10 Ha 4414m ³ /día	
2. Área del Rubro Comercial			
3. Área industrial Demanda de Agua Residual Tratada			

Delegación: Miguel Hidalgo Planta de Tratamiento: Chap, Bosque y C.M.n°1

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones) Demanda de Agua Residual Tratada	740.02Ha 31080m ³ /día	501.14 Ha 20925m ³ /día	23.33Ha 123m ³ /día
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales, panteones y deportivos) Demanda de Agua Residual Tratada	64.99 Ha 2730m ³ /día	490.56 Ha 20604m ³ /día	
2. Área del Rubro Comercial		18m ³ /día	182m ³ /día
3. Área industrial Demanda de Agua Residual Tratada		339 Ha 4983m ³ /día	
4. Áreas de Lagos para uso recreativo Demanda de Agua Residual Tratada	15.03 Ha 631 m ³ /día		
5. Recarga de Acuífero		3456m ³ /día	

Delegación: Milpa Alta

Planta de Tratamiento: Rastro Milpa Alta

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones) Demanda de Agua Residual Tratada		0.13 Ha 154 m ³ /día	4.54 Ha 42m ³ /día
2. Área para Obtener Productos Agrícolas Demanda de Agua Residual Tratada		6829 Ha 229454m ³ /día	
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales panteones y deportivos) Demanda de Agua Residual Tratada		8.15 Ha 343m ³ /día	
2. Área del Rubro Comercial Demanda de Agua Residual Tratada			13m ³ /día
3. Área industrial Demanda de Agua Residual Tratada			

Delegación: Tlahuac

Planta de Tratamiento: Sn J Ixtayopan, Tetelco

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones) Demanda de Agua Residual Tratada		56.73 Ha 1986m ³ /día	60.94 Ha 397m ³ /día
2. Área para Obtener Productos Agrícolas Demanda de Agua Residual Tratada	1900 Ha 63840m ³ /día	1410 Ha 47376m ³ /día	
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales panteones y deportivos) Demanda de Agua Residual Tratada	24 Ha 1008m ³ /día	8.15 Ha 343m ³ /día	
2. Recarga de Acuíferos Demanda de Agua Residual Tratada	35640m ³ /día		
3. Área industrial Demanda de Agua Residual Tratada			

Delegación: Tlalpan

PT: Abasolo, H.Col. Militar. Parres, Pemex.
San Miguel Xicalco, Topilejo

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones) Demanda de Agua Residual Tratada	227.65 Ha 9561m ³ /día	129.36 Ha 6637m ³ /día	31.38 Ha 114m ³ /día
2. Área para Obtener Producto Agrícola Demanda de Agua Residual Tratada		6364 Ha 213832m ³ /día	
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales panteones y deportivos) Demanda de Agua Residual Tratada		1.38 Ha 58m ³ /día	
2. Área del Rubro Comercial		7 m ³ /día	145m ³ /día
3. Área industrial Demanda de Agua Residual Tratada			
4. Recarga de Acuífero		9677m ³ /día	

Delegación: Venustiano Carranza

Planta de Tratamiento: No tiene

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones) Demanda de Agua Residual Tratada	725.91 Ha 30488m ³ /día	12.66 Ha 369m ³ /día	60.94 Ha 163m ³ /día
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales panteones y deportivos) Demanda de Agua Residual Tratada	32.22 Ha 1353m ³ /día	11.32 Ha 475m ³ /día	
2. Área del Rubro Comercial		15m ³ /día	61m ³ /día
3. Área industrial Demanda de Agua Residual Tratada		65 Ha 956m ³ /día	

Delegación: Xochimilco

PT: San Luis Tlaxiátemalco, Reclusorio Sur

Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Secundario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas Verdes (Jardines y Camellones) Demanda de Agua Residual Tratada	25.58 Ha 1075m ³ /día	46.20 Ha 2199m ³ /día	120.74 Ha 360m ³ /día
2. Área para Obtener Producto Agrícola Demanda de Agua Residual Tratada	1558 Ha 52349m ³ /día	1551 Ha 52114m ³ /día	
Demanda de Agua Residual Tratada a Nivel Terciario			
Concepto:	Áreas Suministradas Directamente de la Red	Áreas no Suministradas	Volumen Suministrado Mediante Carros Tanque
1. Áreas verdes (zonas residenciales, panteones y deportivos) Demanda de Agua Residual Tratada	14.74 Ha 619m ³ /día	28.54 Ha 1115m ³ /día	
2. Área del Rubro Comercial		18 m ³ /día	47m ³ /día
3. Área industrial Demanda de Agua Residual Tratada		106 Ha 1558m ³ /día	
4. Áreas de lagos para uso recreativo Demanda de Agua Residual Tratada	137.92 Ha 5792m ³ /día		
5. Área Agrícola (productos cocidos) Demanda de Agua Residual Tratada			
6. Recarga de Acuífero		5184m ³ /día	

⊕ Principales empresas que se dedican al tratamiento.

Actualmente, de las cuatro plantas de tratamiento que se habían concesionado, sólo tres de ellas continúan operando y concesionadas, es decir solo funcionan las siguientes:

Coyoacán:

Concesionada a la Empresa:

Siglo Ambiental Coyoacán. S.A. de C.V.

A cargo del Ing. Luis del Olmo

Acueducto de Guadalupe:

Concesionada a la Empresa:

Aguas Industriales de Vallejo S.A. de C.V.

A cargo del C.P. Mauro Hidalgo Díaz.

Iztacalco:

Concesionada a la Empresa:

Aguas Tratadas de Iztacalco

A cargo de el Biólogo Guillermo González Castellano

San Juan de Aragón: Actualmente la empresa a la que fue concesionada se fue a la quiebra, dejando fuera de operación a la planta, se espera que pase a manos de la Dirección de Construcción y Operación Hidráulica a la brevedad.

⊕ Requisitos legales y ambientales.

Para poder aspirar a una concesión, primero se debe esperar a que realice una licitación pública nacional, ofreciendo el contrato de concesión de alguna de las plantas de tratamiento de aguas residuales que se encuentre bajo la operación de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, o bien como es el caso de la planta de San Juan de Aragón la que en estos momentos no está funcionando debido a la mala administración que se le dio, se deben consultar primero las bases de licitación. Estas bases contienen los requisitos y documentos que se deben presentar en el caso de ser persona física o moral.

A manera de un pequeño resumen de lo contenido en estas bases se presentan los siguientes requisitos que debe cumplir cualquier persona física o moral que aspire a la concesión de una de las plantas de tratamiento que vayan a ser licitadas por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.

◇ Bases Generales de Licitación

Las bases generales de licitación, es un documento, en el cual la Dirección o Secretaría que va a dar la concesión, informa a los licitadores, que requisitos legales, jurídicos, financieros,

técnicos, de calidad, administrativos, y de seguridad, deben cumplir como mínimo para que se les pueda considerar como ganadores de dicha licitación, así como el formato de entrega de todas las propuestas para la buena operación de la planta.

- Bases de la concesión y fundamentación: es decir, las condiciones mínimas y los artículos de las diferentes leyes en los que se basa para poder otorgar dicha concesión.
- Información a los oferentes: tal como los niveles de tratamiento y regularidad.
- Inicio de operación y plazos: que deberá cumplir el licitante ganador.
- Merco legal: Documentos que deben entregar o mostrar los licitadores para poder entrar a concurso.
- Especificaciones funcionales: las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir la planta de tratamiento, tales como nivel de servicio, control de calidad, pruebas, capacitación de personal, mantenimiento de la infraestructura etc.
- Entrega de propuestas: se trata de las diferentes propuestas de acciones, como son la técnica, de operación, obra civil en su mantenimiento, energía eléctrica, procesos, etc.
- Propuesta administrativa y financiera: ingresos, costos de inversión, mantenimiento, financiamiento, comida financiera, seguros, pagos.
- Evaluación de las propuestas: aquí, la secretaria o dirección a cargo de la licitación, pone de manifiesto las condiciones mínimas para las propuestas técnicas, financieras, administrativas, así como los elementos de evaluación de cada una de ellas y los criterios para el fallo, otorgamiento, sanciones etc.

En nuestro caso, nos interesa el estudio de el marco legal, es decir que se necesita para poder acceder a una concesión de una planta de tratamiento de aguas residuales, así como algunas especificaciones funcionales es decir el cumplir con el control de calidad que establecen las leyes en materia de medio ambiente.

◇ Marco Legal

Las personas físicas que participen por su propio derecho deberán ser mexicanos por nacimiento y lo acreditarán con su acta de ser mexicanos por nacimiento, y lo acreditarán con su acta de nacimiento.

Las personas que comparezcan en nombre de personas físicas deberán acreditar su representación y facultades mediante poder protocolizado ante Notario Público Mexicano. Si el

representante es extranjero, deberá acreditar su calidad migratoria, y si el poder fuera otorgado en el extranjero, deberá estar, certificado por el Cónsul Mexicano correspondiente.

Los licitadores deberán presentar sus propuestas técnica y económico financieras consignándose el nombre completo de la persona con facultades suficientes para obligar a la persona física o moral participante, en original y tres copias, todas firmadas, en sobre cerrado, caja o cualquier contenedor seguro, debidamente sellado y lacrado de manera inviolable con todos los documentos señalados a continuación.

→ Si es persona física entregará los siguientes documentos:

Propuestas técnica y económico – financiera escritas y firmadas por su representante legal, señalando su razón y domicilio social con poderes amplios y suficientes para obligarse con los términos de sus propuestas, debiendo acompañar el instrumento notarial que lo acredite.

Las propuestas técnica y económico – financiera que entregue el licitador, así como toda la correspondencia y documentos relativos a ellas, deberán redactarse en español, cualquier material impreso que proporcione el licitador, mismo que podrá estar redactado en inglés o en otro idioma, a condición de que vaya acompañado de una traducción en español, la que prevalecerá, para efectos de interpretación de las propuestas por lo que la fidelidad de la traducción será de exclusiva responsabilidad del licitador.

Acreditar su personalidad, y registro federal de contribuyentes, asimismo, copia del domicilio actual.

Curricula vitae de la persona física y documentación que compruebe su capacidad técnica y experiencia en la elaboración de proyectos de tratamiento de aguas y aguas residuales, equipamiento, adaptación, construcción, operación, mantenimiento civil y electromecánico en el tratamiento de aguas residuales.

Ultima Declaración Anual del Impuesto Sobre la Renta correspondiente al ejercicio fiscal del año anterior.

Estados financieros auditados al mes de diciembre del año anterior que demuestren que cuenta con un capital contable mínimo del 50% del monto objeto de la concesión a otorgarse.

Proyecto de capacidad de tratamiento de detalle y equipo a instalar anexando planos de la planta a concesionar.

Copia de la constancia de visita a la planta.

Nombre de la razón social bajo la cual operará.

Programa calendarizado de la elaboración del proyecto de operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Indicar la persona física si operará directamente o a través de una persona moral, en este último caso, deberá proporcionar los datos correspondientes al objeto, socios y capital de éste, el cual deberá cubrir los mismos requisitos.

La (s) empresa (s) a través de la cual operará, deberán acreditar la representación y facultades de la persona que podrá firmar en su nombre mediante poder que deberá estar protocolizado ante Notario Público.

Los poderes que exhiban los representantes de las empresas licitadores deberán ser generales y/o especiales que demuestren la amplitud jurídica suficiente para comprender en forma enunciativa más no limitativa la ejecución de las siguientes acciones: entregar y recibir documentación, comparecer a nombre de la empresa a los actos de apertura de propuesta, fallo y firma de los actos correspondientes, así como hacer las aclaraciones que a juicio del Departamento del Distrito Federal a través de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica que resulten pertinentes respecto a la documentación presentada por la misma.

Las personas morales deberán estar constituidas conforme a las leyes mexicanas, debiendo comprobar su inscripción en el Registro Público del Comercio del Distrito Federal, del Estado de México o de cualquier Estado de la República Mexicana.

Los representantes de las personas morales interesadas en participar, deberán exhibir los testimonios notariales en los que conste: la personalidad de los mismos, las facultades con que cuentan para obligar a la persona moral que representan; la constitución de la persona

moral respectiva, cuyo objeto social le permita la prestación del Servicio Público que se concesiona comprometiéndose, si fuera el caso, a modificarlo para que incluya los estudios, proyecto, construcción, equipamiento, operación, mantenimiento y explotación comercial del servicio público.

- En caso de que la constitución de la persona moral dependa del otorgamiento de la concesión, se procederá de la siguiente forma:
- a) Las personas físicas que le habrán de constituir deberán participar avalando una misma postura, ya sea conjuntamente o designando un representante común para tal efecto.
 - b) En el caso de que un grupo de empresas se interesen en constituir una Sociedad para estar en la posibilidad de que se le adjudique la concesión, presentarán constancia notarial del compromiso de constituir una Sociedad Anónima de Capital Variable, en la que puedan participar empresas cuyo objeto social sea el proyecto, de la Concesión a otorgar y, además nombrará un representante legal para tales efectos.
 - c) Carta en la que manifieste bajo protesta de decir verdad tratándose de personas físicas de que no desempeña empleo, cargo o comisión en el servicio público, y de que no se encuentre inhabilitado para desempeñar las funciones anteriores; o bien tratándose de personas morales que no forman parte de ella ninguna persona que tenga alguna o algunas de dichas características.

Asimismo, entregarán la siguiente documentación:

Propuesta técnica y económico – financiera escritas y firmadas por su representante legal, señalando su razón y domicilio social con poderes amplios y suficientes para obligarse en los términos de las propuestas, debiendo acompañar el instrumento notarial que lo acredite.

Las propuestas técnicas económico – financieras y que entregue el licitador así como toda la correspondencia y documentos relativos a ella deberán redactarse en español con cualquier material impreso que proporcione el licitador, mismo que podrá estar redactado en inglés o en otro idioma, a condición de que vaya acompañado de una traducción en español, la que prevalecerá para efectos de interpretación de las propuestas por lo que la fidelidad de la traducción será de exclusiva responsabilidad del licitador.

Escritura pública del acta constitutiva y, en su caso, sus modificaciones en la que se consigne su objeto social que le permita realizar las actividades objeto de la licitación.

Curricula vitae de la empresa que compruebe su capacidad técnica y experiencia en elaboración de proyectos de tratamiento de aguas y aguas residuales, equipamiento adaptación, operación, mantenimiento civil y electromecánico en el tratamiento de aguas residuales.

Última Declaración Anual del Impuesto Sobre la Renta correspondiente al ejercicio fiscal del año anterior, excepto en el caso de que se trate de un consorcio nuevo.

Estados financieros auditados al mes de diciembre el año anterior, que demuestren que cuenta con un capital contable mínimo del 50% del monto del objeto de la concesión a otorgarse.

Indicar si operará directamente o a través de un persona moral distinta; en este caso, deberá proporcionar las características correspondientes al objeto, socios y capital de estos los cuales deben cubrir los mismos requisitos.

El proyecto de capacidad de tratamiento, operación, mantenimiento y tratamiento, anexando planos así como programa de operación y mantenimiento civil y electromecánico preventivo y correctivo, en forma global apegándose a lo indicado.

Los consorcios deberán proporcionar los mismos datos correspondientes al objeto, socios y capital de cada empresa que la constituyen debidamente legalizados.

Copia de la constancia de visita a la Planta.

Nombre de la razón social bajo la cual operarán.

Programa calendarizado de la elaboración del proyecto de la capacidad de tratamiento y de la infraestructura hidráulica, adaptación, así como de su operación y mantenimiento civil y electromecánico de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Acreditar su personalidad, su Registro Federal de Contribuyentes y comprobante de domicilio actual.

Los oferentes o las Sociedades Anónimas que al efecto se constituyen, deberán contar con un capital social mínimo equivalente a \$2,000,000.00 (dos millones de pesos 00/100 M.N.), que deberá estar suscrito y pagado en la sociedad, al momento de que se otorgue el título de concesión.

❖ Leyes y Reglamentos Aplicables

Es responsabilidad del interesado que las ofertas y en su caso el desarrollo de la concesión, cumplan con las disposiciones legales y reglamentarias aplicables en la República Mexicana, además de las autorizaciones específicas que los gobiernos deben emitir, incluyendo el visto bueno en aquellas decisiones que su incorporación al proyecto efectuó el interés público. El siguiente marco legal es, en consecuencia enunciativo, más no limitativo.

- 1) Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
- 2) Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
- 3) Ley para Promover la Inversión Mexicana y Regular la Inversión Extranjera.
- 4) Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
- 5) Ley de Aguas Nacionales
- 6) Ley de Ingresos de la Federación.
- 7) Ley de Bienes Nacionales
- 8) Ley de Ingresos del Departamento del Distrito Federal
- 9) Ley Orgánica del Departamento del Distrito Federal
- 10) Reglamento Interior del Gobierno del Distrito Federal
- 11) Reglamento para el Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal.

El licitador ganador que se convierta en concesionario será el único responsable ante el Gobierno del Distrito Federal; las Autoridades Federales, Locales y Estatales correspondientes, debiendo requisitar todas y cada uno de los permisos, autorizaciones y licencias necesarias para cumplir con el objeto de la concesión.

El concesionario, manifiesta conocer las disposiciones legales aplicables en la materia para el estricto cumplimiento legal del objeto de la concesión.

◇ Control de Calidad

Durante el proceso de mantenimiento correctivo de la planta, el concesionario verificará que los proveedores cuenten con los sistemas de control de calidad rutinario y se apliquen esto a lo largo del proceso de diseño, fabricación y/o construcción, de tal manera que, satisfagan los requisitos estipulados en las normas o especificaciones señaladas.

Este control deberá tener como bases las normas oficiales de calidad nacional, además de las especificaciones para el proyecto establecidas: por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica de la Secretaría General de Obras del gobierno del Distrito Federal así como las que establece la normatividad y las que corresponda al proveedor de la tecnología utilizada, o bien las normas internacionales aplicables mismas que deberán ser del conocimiento del Gobierno del Distrito Federal para facilitar y precisar los, términos en que se realice el control de calidad. Para el cumplimiento de este propósito, el oferente considerara, dentro de sus costos los recursos que le permitan una supervisión y control adecuados.

El Gobierno del Distrito Federal se reserva el derecho aceptado por el concesionario, de suspender momentáneamente la construcción y montaje de dispositivos equipos u obra civil, cuando se haya detectado incumplimiento de las normas o especificaciones señaladas en tanto se efectúan las correcciones o reposiciones pertinentes, comprometiéndose a dar el libre acceso a la planta al personal debidamente acreditado por el Gobierno del Distrito Federal para la realización de las inspecciones.

⊕ Costos Aproximados de Tratamiento.

En la actualidad, entendiéndose por esto, los últimos diez años a la fecha, no se ha realizado algún estudio en donde se determine de manera exacta el costo por proceso de una planta de tratamiento de aguas residuales, por ello basado en proyectos anteriores que datan de 1983 y ya sea ajustando y actualizando los costos con las tasas de inflación de los últimos veinte años a la fecha, o bien realizando alguna información con la empresas particulares –de donde sinceramente es resulta muy difícil obtenerla– se presentan unos costos aproximados de tratamiento por unidad.

Resulta importante mencionar que los costos varían considerablemente dependiendo el tamaño de la planta, así como quién la opere, debido a razones obvias de personal, edificios, mantenimiento, predio, laboratorios etc. Por ello los resultados presentados son de una planta de tratamiento más bien mediana.

Unidad	Costo de Operación \$/año	Costo de Manten. \$/año	Costo de Energía \$/año	Costo de Material \$/año	Costo de Químicos \$/año	Costo Total \$/año
Clarificadores Primarios	3243.44786	1598.53453	137.873152	3055.4062	0	8035.26174
Acreac. Ext. Lodos	10887.4675	6854.4973	155919.557	7821.95537	0	181483.477
Clarif. Secundarios	3607.4402	1780.44047	152.851518	3635.59231	0	9176.32449
Bombas.	1455.06705	1173.18503	21876.5352	1172.28272	0	25677.07
Cloración	4255.4801	1835.48145	1282.00376	1507.76202	21239.6839	30120.4113
					Total=	254492.544

Cuadro 2.12 Costos aproximados anuales de tratamiento por unidad.

En promedio, el costo total sin utilidad por parte de la empresa o del gobierno del metro cúbico del agua residual es de 8.4381 \$/m³. En la actualidad, este costo no incluye el que se debería cobrar a la empresa tratadora según las leyes por el agua residual cruda, ya que estas y sólo las que se encuentran en el valle de México se encuentran exentas de dicho pago como medida de promoción o motivación para que se promueva el tratamiento de aguas residuales.

Capítulo III) Futuro del Tratamiento

- **Conciencia ecológica vs costo**
- **Actividades que “pueden” y “deben” usar agua residual tratada**
- **Requisitos para poder usar agua tratada**
- **Análisis oferta - demanda**
- **Proyección a futuro del tratamiento y reuso de aguas residuales**
- **El reciclamiento como alternativa para reducir el costo por m³**

III. Futuro del Tratamiento.

- Conciencia ecológica vs costo.

⊕ Actividades que "pueden" y "deben" usar agua residual tratada.

Para la utilización de las aguas residuales municipales hay que tener en cuenta algunos riesgos que esta práctica trae consigo: los habitantes de la zona de riego están inmersos en un ambiente peligroso para la salud, por la presencia de organismos patógenos; los productos agrícolas que se consumen crudos pueden representar un riesgo bacteriológico si son regados con aguas contaminadas y si el agua residual contiene metales pesados, estos se depositan en el suelo y se introducen en la cadena alimenticia hasta llegar al hombre, por otra parte se incrementa la salinidad de los suelos, sobre todo los de estructura fina, disminuyendo su productividad.

El Departamento del Distrito Federal ha propiciado el reuso, se ha estudiado también la posibilidad de llevar a cabo la utilización de aguas tratadas para abastecimiento domiciliario, ya que desde el punto de vista técnico es perfectamente posible producir agua potable por este medio e, inclusive, existen experiencias en este sentido en otros países. Hasta ahora, no se han realizado estudios para determinar la opinión del público con respecto a la aceptación o rechazo del agua tratada para abastecimiento. Es necesario abrir canales de comunicación con el objeto de diseminar la idea de los beneficios del reuso, y realizar las investigaciones pertinentes considerando en todo caso esta opinión.

Además del riego agrícola y de jardines, las aguas residuales municipales tratadas pueden reusarse en la industria principalmente para labores de lavado de maquinaria, enfriamiento; procesos en donde el agua no entre en contacto directo con el producto, o que éste, por sus características, no requiera de una calidad bacteriológica o fisicoquímica especiales. El reuso de aguas residuales municipales en la industria se lleva a cabo en nuestro país principalmente en las ciudades de México, D.F. y Monterrey, N.L.

El entonces Departamento del Distrito Federal, ahora Gobierno del D.F., en la Gaceta Oficial del 2 de agosto de 1993, contempla entre otras cosas:

Considerando:

Que el caudal generado por las plantas de tratamiento en el Distrito Federal, el 83% se emplea para riego de áreas verdes y llenado de lagos recreativos; 5% en el riego agrícola; el 2% en el sector comercial; y solamente el 10% en industrias.

Que ante la deficiencia en el control, medición y cobro del agua algunas empresas prefieren seguir usando agua potable en procesos en los que no es necesario esa calidad de líquido.

Que es necesario impulsar el crecimiento de las plantas de tratamiento incrementando la red de distribución reforzando estas acciones con la implantación de un sistema de tarifas que reflejen los costos reales para lograr la autosuficiencia financiera de las empresas encargadas de la administración de este servicio.

Que si se logra que la industria y servicios consumieran 3.5m³/s de agua residual tratada y liberaran la potable para consumo doméstico se podría ampliar la cobertura para 850000 personas más en la Ciudad de México.

Se expide la siguiente:

Reforma y adición al Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal.

Único: Se reforma el art. 77 y se adiciona el artículo 134 bis del Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el D.F., para quedar de la siguiente manera:

CAPÍTULO III

Usos Obligatorios del Agua Residual Tratada.

ARTÍCULO 77.- Deberán 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:

- I. Los establecimientos: mercantiles, de servicios, de recreación y centros comerciales que ocupen una superficie de 5000m² en adelante en sus actividades de limpieza de instalaciones, parque vehicular y áreas verdes.
- II. Las industrias ubicadas en el Distrito Federal que en todos sus procesos productivos no requieran necesariamente de agua potable, así como en las actividades mencionadas en la fracción anterior.
- III. Las obras en construcción mayores de 2500m² así como en terracerías y compactación de suelos, y
- IV. Los establecimientos dedicados al lavado de autos.

Como podemos ver, en esta reforma y adición al Reglamento de Servicio de Agua y Drenaje para el D.F. se establecen los criterios para aquellas actividades que "deben" usar el agua residual, dejando solo la cuestión de cuales actividades podrían utilizar el agua residual.

✧ Pago del agua a su precio real.

Se ha planteado en esta sección la necesidad de cobrar el agua a un precio más acorde con la realidad para evitar que este servicio siga siendo una fuerte carga al presupuesto del Distrito Federal y los municipios del interior del país, y que se aliente el uso racional y eficiente del agua.

En la capital del país, por ejemplo, existen cerca de dos millones de tomas domiciliarias, muchas de las cuales carecen de medidores o éstos se encuentran en mal estado o no se ha verificado su lectura por mucho tiempo. Por tanto, suele recurrirse al cobro de una cuota fija que normalmente es de \$15.76 hasta \$1104 al bimestre, según la zona catastral para tomas de 13 mm. Puede calcularse un consumo de 1000 litros diarios por toma, en un bimestre se usarían unos 60 metros cúbicos, los cuales de provenir del Sistema Cutzamala tendrían un costo de \$12,300.00 aproximadamente.

No se pretende, por supuesto, que de un día para otro aumentara más de veinte veces la cuota, ni que se hiciera un cálculo indiscriminado sin importar el volumen consumido ni el uso que se le dé al agua. Sin embargo, un aumento paliativo tendiente a hacer un cobro más realista podría representar un efectivo medio para alentar el ahorro del agua.

La estimación de las tarifas de agua, siendo un servicio esencial y muy peculiar en su producción debe hacerse tomando muy en cuenta el impacto que los aumentos pudieran tener en la demanda del líquido. Por el lado del consumidor, es necesario tomar en cuenta su disposición de pago, y por el de la oferta, los recursos y el tiempo utilizados en su abastecimiento así como el costo de oportunidad de los mismos, sin dejar de considerar el costo inicial de construcción.

Es también importante considerar aspectos de equidad pues, si bien podría lograrse un aumento de ingresos al municipio para mejorar sus servicios y una reducción en el uso del agua por parte de los consumidores cautivos, existen muchos otros que seguirían beneficiándose del servicio sin hacer el pago correspondiente, a menos que se tomaran medidas adecuadas. Por ejemplo, de las tomas que existen en el Distrito Federal, aproximadamente la tercera parte no cuenta con medidor, además que un 30% de los aparatos no funcionan. En esta entidad se calcula que alrededor del 50% del consumo no se cobra.

Además de realizar un incremento paulatino en las cuotas, tomando en cuenta los volúmenes usados y la capacidad de pago del usuario, convendría realizar, entre otras, las siguientes acciones: la ampliación del servicio medido, con la asignación de mayores recursos para la instalación de medidores y el mejoramiento en el mantenimiento de estos aparatos; perfeccionar los sistemas de cobro mediante una mejor determinación de los consumos de agua, la coordinación entre las autoridades encargadas del servicio, la unificación de procedimientos en relación con solicitudes, instalación y empadronamiento de tomas de agua y el desarrollo de instrumentos legales para suspender el servicio a los usuarios que no cumplan con su pago.

↪ Uso doméstico

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

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

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

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

A nivel doméstico se tiene una dotación de agua potable promedio actual de 200 a 220 lt/hab/día; se prevé, en el corto plazo, disminuirla de 140 a 160 lt/hab/día con la instalación total de inodoros de bajo consumo. Actualmente de 45% a 50% del agua para uso doméstico no requiere calidad potable (limpieza de inodoros, riego de jardines, lavado de utensilios), aplicaciones que en el corto plazo bajarán a 20% y 30%. De aquí se ha estimado que la demanda de agua para los usos señalados en el año 2000 podrá ser de 5 m³/s, para lo cual se requiere desarrollar desde ahora un sistema dual de distribución.

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

El programa de uso de agua no potable a nivel doméstico, tomará en cuenta lo siguiente:

- El suministro debe satisfacer criterios de calidad similares a los de uso recreativo con contacto primario
- El sistema se operará a una presión menor que la del agua potable; así, si ocurriera una conexión cruzada accidental, el flujo sería del sistema de agua potable, al de no potable
- Las instalaciones deben identificarse con facilidad y diferenciarlas de las de agua potable; por ejemplo usando materiales diferentes y marcas especiales
- El programa estará sustentado en campañas de educación y concientización pública, para ayudar a apoyar y fomentar el uso de agua no potable donde no se requiera esta calidad

→ El fortalecimiento del laboratorio central de control para que se pueda certificar permanentemente la calidad del agua no potable de acuerdo con los criterios establecidos, muy en particular el control de virus.

⇨ Aspectos económicos

Para cada usuario potencial es necesario estimar la relación demanda – ahorro, que es el uso de agua relacionado con la economía en costo, entre el agua potable y la renovada (se considera que ésta tiene un valor menor).

Este ahorro potencial representa la inversión máxima de capital que usuario puede hacer para convertir el sistema tradicional en uno que incluya agua renovada, esto es:

$$S = C / D * N$$

donde:

- S: Ahorro mínimo requerido, en pesos/m³
- C: Inversión de capital por el usuario, en pesos
- D: Demanda de agua renovada, en m³/año
- N: Número de años para recuperar el capital

Este enfoque implícitamente considera la recuperación del capital, asumiendo que la economía continuará más allá del período de amortización.

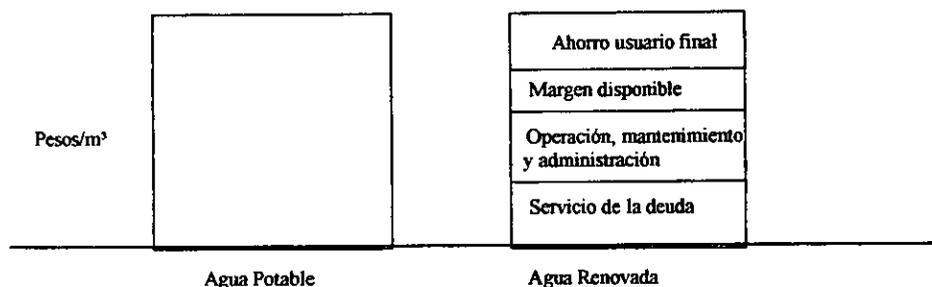
Si se conoce lo que el usuario paga por agua potable sustituible por renovada, la relación demanda – ahorro se transfiere a una demanda – precio.

De aquí se puede establecer la política tarifaria de agua renovada, que debe considerar:

- a) El precio para el usuario final (el usuario más desfavorecido en cuanto a distancia y desnivel del centro de suministro) debe ser considerablemente menor que el del agua potable.

- b) La tarifa será suficiente para recuperar todos los costos del sistema de agua renovada (capital, operación, mantenimiento y administración).
- C) El precio incluirá un excedente acumulable, para financiar la expansión del sistema.

Esquemáticamente se tendrá:



Un factor que debe incluirse en la política tarifaria es el subsidio, proveniente de los ingresos del sistema de agua potable. Esto se justifica al considerar que la ampliación del sistema de agua renovada, parcialmente mitigará la necesidad de la correspondiente al agua potable. La reducción resultante en la inversión para este último sistema beneficiará a todos los usuarios.

Otra consideración es que entre los usuarios potenciales están las autoridades públicas, que han hecho o hacen grandes inversiones en el desarrollo de áreas verdes y lagos recreativos, escuelas, mercados, etc., por lo que los ahorros provenientes del empleo de una fuente alterna de agua de menor costo, puede reflejarse en la reducción de impuestos.

Estos dos beneficios que se derivan de la construcción y operación de la ampliación del sistema de agua renovada y pasan a la comunidad, son suficiente justificación para derivar parte del presupuesto de agua potable a financiar el programa de reuso.

Este pago al modificar el consumo y aumentar el ahorro, fomentará el uso del agua residual tratada indirectamente al mostrar la necesidad de el ahorro al usar esta agua para el riego, sanitarios, lavado de patios; como se ha podido ver, el principal uso del agua potable es el uso doméstico, por lo que en cuestión de actividades que "pueden" usar agua residual tratada, deberá enfocarse en primer plano el usuario doméstico, ya que de los mayores consumos de

agua en una casa habitación promedio está el del sanitario (aproximadamente el 50% de la dotación), la cual puede satisfacerse mediante el reuso de las agua utilizadas en la regadera o del lavado de ropa previo almacenamiento.

Como podemos ver no toda el agua que puede ser reutilizada requiere pasar por una planta de tratamiento de aguas residuales, lo que puede ser un aliciente para el usuario, debido a que su implantación no requeriría de un gran costo para la ciudad y en el usuario el costo de la instalación se vería reflejado en la disminución del costo por consumo de agua potable.

Una de las principales acciones que debe tomar el gobierno, es la de ir identificando las actividades que podrían ser factibles a usar agua tratada, o bien como ya vimos agua reutilizada de alguna actividad que no modifique de manera considerable las características del agua para tal efecto, proponiendo planes y acciones como la que hace algunos años nos tocó vivir, el cambio de los sanitarios de 16 a 6 litros por descarga.

⊕ Requisitos para recibir y usar agua tratada.

Ya vimos que actividades son susceptibles a utilizar agua tratada, y cuales son las actividades que se ven obligadas a esta medida, pero ahora bien, ¿qué acciones se deben realizar para poder usar agua tratada?

Primero debemos identificar que existen dos maneras diferentes de distribución de agua tratada:

1. Carros Tanque (pipas)
2. Toma directa de la red de distribución de aguas residuales.

Estas dos modalidades, cuyas ventajas y desventajas se analizarán en un apartado posterior, presentan las dos únicas posibilidades de recibir agua tratada, el lugar en donde se tiene que realizar los trámites para que se autorice el uso del agua tratada es la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, una dependencia directa de la Secretaría de Obras y Servicios del Gobierno del Distrito Federal.

En dicha dirección, uno pasa directamente al departamento de servicio a usuarios donde se hace la solicitud de agua tratada ya sea para la compra de agua transportada por carros tanque o de la solicitud de una toma directa de la red distribución de agua residual tratada de la Ciudad de México, en primera instancia resultan más fáciles y rápidos los trámites para la venta de agua transportada en pipas. A continuación se presenta una serie de solicitudes las cuales son necesarias llenar así como agregar los documentos mencionados para poder proceder a la acción que se requiera.

Para la venta de agua residual tratada a través de carros tanque se tiene la solicitud de venta de agua que se anexa:

DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS HIDRÁULICOS A USUARIOS
SUBDIRECCIÓN DE CONTROL DE USUARIOS
UNIDAD DEPARTAMENTAL DE CONEXIONES Y MEDIDORES
OFICINA DE COBRANZA

Asunto: Solicitud de venta de agua: _____

México D.F. a __ de _____ del 20__.

Arq. Salvador González Tellez
Subdirector de Control de Usuarios
Dirección General de Construcción y
Operación Hidráulica
Presente

Por medio del presente solicito a usted, de no haber ningún inconveniente, me sea vendida la cantidad de agua de _____ m³, para ser utilizada en el predio ubicado en:

Domicilio: _____

Giro: _____

Nombre: _____

Razón Social: _____

Placas: _____

Capacidad de c/u de las pipas: _____

En el entendido de un plazo de _____ días, me comprometo a presentar ante esta Subdirección la Documentación que estipula el Manual de Trámites y Servicios al Público.

(COPIA)

- Solicitud debidamente requisitada
- Identificación oficial vigente
- Registro Federal de Contribuyentes
- Boleta predial
- Croquis de localización
- Pago de derechos
- En su caso
- Boleta de agua

Atentamente

Nombre y Firma



GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

Secretaría de Obras y Servicios

Ciudad de México

Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica

Instalación, ampliación, cambio de lugar, reducción y supresión, cambio de ramal, reconstrucción y supresión de tomas de agua potable, mayores a 13 mm de diámetro, tomas de agua residual tratada y albañales mayores de 15 cm de diámetro.

TIPO DE SOLICITUD

Form with three checkboxes: Toma de Agua Potable, Albañal, Toma de Agua Residual Tratada

FOLIO []

México, D.F., a [] de [] del 2000

Bejo protesta de decir verdad, si los informes o declaraciones proporcionados por el particular resultan falsos, se aplicarán las sanciones administrativas correspondientes...

DATOS DEL PROPIETARIO

Form for owner data: Apellido Paterno, Apellido Materno, Nombre(s), R.F.C., Domicilio para recibir notificación, Calle, Núm., Colonia, Entre Calles, Delegación, C.P., Teléfono

DATOS DEL REPRESENTANTE LEGAL (EN SU CASO)

Form for legal representative data: Apellido Paterno, Apellido Materno, Nombre(s), Calle, Núm., Colonia, Delegación, C.P., Teléfono, Documento con el que se acredita la personalidad

DATOS DE INSTALACIÓN

Table with columns: Tipo de Servicio, Agua Potable (Núm. de Servicios, Diámetro), Agua Tratada (Núm. de Servicios, Diámetro), Albañal (Núm. de Servicio, Diámetro). Rows include: Instalación, Ampliación, Cambio de lugar, Reducción, Cambio de ramal, Supresión, Reconstrucción.

Form for installation location: Ubicación del predio, Calle, Núm., Colonia, Entre Calles, Delegación, C.P., Teléfono, Numero de cuenta predial (Región, Manzana, Lote, Cont., S.V.)

FUNDAMENTO JURÍDICO

- 1.- Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal.- Artículos: 16 fracciones I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII; 69 fracciones I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII; 106 fracciones I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII.
2.- Código Financiero del Distrito Federal.- Art. 204, 204-B y 513 fracciones I, II y III

0620-00

REQUISITOS

Copia de los siguientes documentos según sea el caso:

TOMA PARA AGUA POTABLE

- a) Identificación oficial vigente
 - b) Memoria de cálculo en la que se determine el caudal diario necesario y el diámetro de la toma solicitada
 - c) Licencia de construcción y el dictamen de factibilidad correspondiente
 - d) Recibo de pago de contribución de mejoras
 - e) Título de propiedad o documento que acredite la legal posición del inmueble
 - f) En su caso, boleta de toma correspondiente al bimestre inmediato anterior pagada
- Tratándose de solicitudes de servicio distintas a la de instalación, deberán anexar además copia simple del pago de derechos que realizó por la toma de agua existente

CONEXIÓN DE ALBAÑAL

- a) Identificación oficial vigente
- b) Memoria de cálculo hidrosanitaria en la que se determine el diámetro y número de conexiones
- c) Planos hidrosanitarios que contengan la información gráfica de las instalaciones hidráulicas y sanitarias de la construcción
- d) Licencia de construcción y el dictamen de factibilidad correspondiente
- e) Recibo de pago de contribución de mejoras
- f) Título de propiedad o documento que acredite la posesión legal del inmueble

TOMA DE AGUA RESIDUAL TRATADA

- a) Identificación oficial vigente

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

Dibujar croquis de localización de la manzana en que se localiza el predio, con los nombres de las calles que delimitan, señalando la distancia de la esquina más cercana al lugar donde se instalará la toma (utilizar tinta negra y regla)


NORTE

VEGENCIA

Indefinida

Interesado	Representante legal (en su caso)
Firma	Firma

Recibió	
Nombre _____	
Cargo _____	Firma _____



CIUDAD DE MÉXICO

Sello de recepción

Para la venta de agua transportada por carros tanque, se debe llenar la solicitud, dirigida a la persona correspondiente, solicitándole la cantidad requerida de meros cúbicos, se pide el domicilio, el giro, nombre, razón social, las placas de la unidad en la que se va a transportar, o bien si no se tiene ningún arreglo con algún transportista o no se cuenta con carro tanque propio, se puede solicitar que la misma Subdirección asigne algún carro tanque para que realice el trabajo.

Como se puede apreciar, la solicitud requiere de algunos documentos con su copia, pero en general no se requiere de mucho papeleo, es más, como se puede apreciar en el escrito, se pueden entregar en un lapso posterior fijado por el usuario y dicha Subdirección, lo que puede ser aprovechado para casos de urgencia como por ejemplo en una construcción en donde se requiera de compactar algún terreno o en algunos casos hasta para realizar la mezcla de concretos de baja resistencia.

El otro tipo de solicitud, que se anexa en las páginas anteriores es para solicitar tomas de agua residual tratada de la red de distribución, la misma solicitud que se puede utilizar para solicitar conexión de albañal o la toma de agua potable, y dado que es una instalación de importancia, se piden más documentos que para la venta en carros tanque, pero resulta curioso que estos documentos sólo se pidan para la toma de agua potable y para la conexión de albañal, no siendo así para la toma de la red de agua tratada como se puede ver en el formato de la página anterior, esto se debe a que la D.G.C.O.H. en caso de tratarse de conexión a la red de agua tratada, realiza un estudio minucioso y detallado de las condiciones del predio para poder dictaminar si existen las condiciones para hacer dicha conexión.

Dicho estudio, consta desde un croquis y memoria fotográfica de la situación del predio, hasta un estudio de la posible conexión a la red de distribución, así como el análisis del diámetro requerido para la conexión y con base en las características de disponibilidad, así como los gastos que se deberán hacer y los pagos que se deben cubrir según la gaceta oficial del Distrito Federal y su Código Financiero

Para cualquier solicitud, se pide especificar que tipo de servicio se requiere, ya sea la propia instalación, ampliación, cambio de lugar, reducción, cambio de ramal, supresión o reconstrucción.

⊕ Análisis oferta – demanda

◇ Análisis de la oferta

Plantas de tratamiento

El sistema de tratamiento estaba constituido, en 1982, por nueve plantas: Acueducto de Guadalupe, Azcapotzalco, Chapultepec, Cerro de la Estrella, Bosques de las Lomas, Ciudad Deportiva, Coyoacán, San Juan de Aragón y Tlatelolco. Su operación se inició en 1956 con la de Chapultepec, con una capacidad instalada de 80 l/s; más adelante se construyeron nuevas instalaciones que alcanzaron en 1982, una capacidad instalada total de 4,320 l/s, destacando en importancia la de Cerro de la Estrella por el caudal que maneja, correspondiente al 46% de la capacidad de todas las plantas.

El crecimiento del sistema fue importante durante los primeros 17 años, y posterior a 1973 tuvo un estancamiento, ya que la capacidad de tratamiento se incremento solamente 3%, de 1973 a 1982, y se ha mantenido constante hasta la fecha la cual es de 6.416 m³/s. En la Fig 3.1 se muestra el crecimiento de la capacidad de tratamiento de aguas residuales de 1956 a 2000.

El proceso utilizado para el tratamiento del agua es biológico, todos activados convencional, excepto en Bosque de Las Lomas, Azcapotzalco y Tlatelolco. La primera de estas plantas trabaja con base en aereación extendida, que es una variedad de todos activados. La segunda además de éste, incluye el proceso de filtración sobre lechos de arena y adsorción en carbón activado; y la última utiliza un tratamiento físico – químico de coagulación – floculación; todas aplican cloro o hipoclorito de sodio para garantizar una calidad bacteriológica adecuada al agua renovada.

Al iniciar operaciones, el objetivo de algunas plantas del sistema, como Chapultepec y San Juan de Aragón era el riego de áreas verdes y el llenado de lagos recreativos; en Cerro de la Estrella se tenía planeado cambiar agua tratada por potable destinada al riego de zonas agrícolas en el Municipio de Chalco, y en otras, el propósito fundamental fue controlar la contaminación de las zonas aledañas.

En 1982, los objetivos iniciales variaron, Cerro de la Estrella destinaba sus afluentes al riego de áreas verdes de la Calzada Ignacio Zaragoza y a mantener el nivel de los canales de Xochimilco, ya que la planta de Coyoacán que les suministraba el agua estaba fuera de servicio por problemas en sus instalaciones.

La producción de agua renovada no pudo ser cuantificada en forma global debido a que en 1982, algunas plantas no tenían dispositivos de aforo y la información registrada, para algunas unidades, fue consecuencia de las campañas de medición realizadas en 1981. Sin embargo, en las que se midieron los caudales pudo observarse inconsistencia en los gastos producidos en la época de estiaje y de lluvias, pero sobre todo, bajas eficiencias de producción, siendo éstas más críticas en el periodo de lluvias, llegándose a registrar valores entre el 9 y el 19%, mientras que en la temporada de estiaje la variación fue de aproximadamente el 25%, eficiencias muy bajas que repercuten en los costos de tratamiento.

Como se puede ver en el cuadro 2.3 de este documento, la oferta de aguas residuales, dista mucho de ser la óptima, ya que por una u otra razón, algunas plantas no están en funcionamiento, otras tienen rendimiento bajo por diversos problemas.

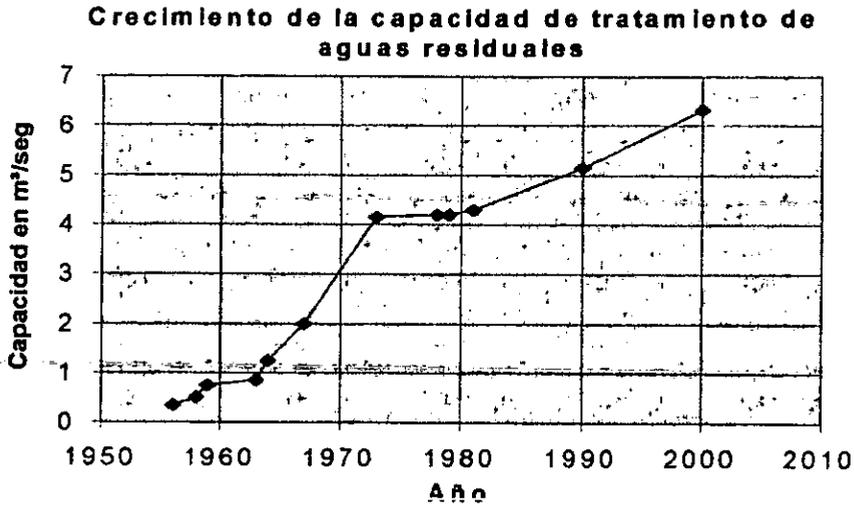


Figura 3.1 Crecimiento de la capacidad instalada de tratamiento de aguas residuales 1955 – 2000.

Como se puede observar, según el cuadro 2.3, la cual nos señala que la capacidad de tratamiento en operación actualmente es de 3.519 m³/seg, lo que representa que sólo se está utilizando la mitad de la capacidad instalada, lo que deja una capacidad disponible para posibles usuarios.

◇ Análisis de la Demanda

Con el fin de analizar la demanda potencial de agua renovada en el Distrito Federal, se hizo una clasificación de usuarios, como se muestra en el Cuadro 3.1.

Convencionales	No Convencionales
- Riego de áreas verdes y equipamiento	- Recarga de acuíferos
- Uso industrial	- Uso doméstico no potable
- Llenado de lagos recreativos	
- Riego de zonas ejidales	
- Recuperación de la zona lacustre Xochimilco - Tláhuac.	

Cuadro 3.1 .Clasificación de usuarios potenciales de agua residual tratada en el Distrito Federal.

La demanda potencial para los diferentes tipos de usuarios se resume en el Cuadro 3.2 .De este cuadro es conveniente mencionar que: con excepción de la demanda para uso doméstico no potable, se considera que el resto no varían a largo plazo, ya que las demandas para los usos convencionales se estimaron con base en los planes de desarrollo del Distrito Federal, así como la demanda para recarga de los acuíferos, de acuerdo a lo establecido por la DGCCH.

Usuarios	Demanda [m ³ /día]
Riego de áreas verdes, equipamiento y llenado de lagos recreativos	104,803
Uso industrial	42,768
Zona lacustre (rescate Xochimilco - Tlahuac)	67,392
Riego de zonas ejidales	53,967
Recarga de acuíferos	264,384
Uso doméstico no potable	405,179
TOTAL	938,493

Cuadro 3.2 .Demanda potencial de agua residual tratada en el Distrito Federal.

La demanda para rescate de la Zona Lacustre Xochimilco – Tláhuac se refiere al agua residual tratada que debe destinarse a la renovación del agua y restitución del volumen evaporado en el área chinampera y turística.

El abastecimiento para riego de áreas verdes, equipamiento, llenado de lagos recreativos y riego de zonas ejidales, se considera que debe hacerse durante 12 horas diariamente.

Para las zonas industriales, el rescate de la zona lacustre y la recarga de acuíferos, el abastecimiento debe ser constante, es decir durante las 24 horas del día.

La demanda de agua residual tratada para el uso doméstico no potable, se obtiene del supuesto que del 20% al 30% del consumo actual de agua potable en zonas habitacionales, puede sustituirse por el recurso renovado; así como de que a corto plazo, la dotación domiciliaria descenderá a 140 l/hab/día. Bajo estas circunstancias, se contempla una demanda de 405,179 m³/día para el año 2000 y de 514,825 para el 2010.

Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal

En el Título Cuarto del Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal, relativo al Servicio Público de Tratamiento de Agua, se menciona el orden de relación en que deberán aprovecharse las aguas residuales que suministre el Departamento, para su reuso o tratamiento. Dicho orden es como se menciona a continuación:

- I. Servicios públicos; para el riego de áreas verdes y llenado de lagos recreativos.
- II. Abrevaderos y vida silvestre.
- III. Acuicultura.
- IV. Giros mercantiles.
- V. Riego de terrenos de cultivo de forrajes y pastura.
- VI. Riego de terrenos de productos agrícolas que se consumen crudos y que no requieren preparación para su consumo. Esta agua deberá estar libre de contaminantes tóxicos y de organismos patógenos.
- VII. Recarga de acuíferos mediante pozos de inyección o estanques de nutrición, previo cumplimiento de las normas de calidad de agua potable y especificaciones que fije la autoridad competente en función de origen en las aguas residuales y del uso potencial de acuíferos subterráneos.
- VIII. Riego de terrenos particulares y limpieza de patios.
- IX. Industrial con fines de equipamiento y limpieza de áreas de servicio.
- X. Lavado de vehículos automotores, y
- XI. Otras.

Bajo este orden implicaría que la demanda para recarga de acuíferos debe cubrirse antes que la relativa a industrias. No obstante, debido a que por el momento la experiencia es mayor

para el suministro de agua renovada a usuarios convencionales, se harán propuestas de modificación a dicho reglamento.

Por otra parte en el Artículo 72 del mismo Título Cuarto, se menciona que:

"Las Instalaciones Hidráulicas interiores para el uso y consumo de agua residual tratada y su conexión a la red de distribución, deberán ser independientes a la del servicio público de agua potable, por lo que no deberán tener conexión con tuberías para el abastecimiento de agua destinada al uso doméstico o al consumo humano, debiendo señalarse de manera adecuada".

Por lo tanto las demandas estimadas para el uso doméstico no potable, deberán ser cubiertas por medio de una red exclusiva para el suministro del agua renovada.

En términos generales la propuesta de desarrollo para el sistema de Tratamiento y Reuso, esta congruente con el reglamento, salvo que en orden de relación establecido donde la recarga de los acuíferos y el uso doméstico no potable tienen prioridad con respecto a las industrias.

Actualmente el uso que tiene el agua residual tratada se ve restringido principalmente por el alcance de la red de distribución de agua residual, ya que como se mencionó anteriormente, resulta mucho más costoso el surtido a través de carros – tanque, como se puede apreciar en el cuadro 3.3. el uso que se tenía años atrás (1990 para ser exactos) esta muy aproximado al que se tiene actualmente, el cual es de 2.712 m³/seg.

Por otro lado, en el cuadro 3.4 . se puede apreciar según los estudios hechos por la DGCOH en el plan maestro de tratamiento y reuso de 1990 que la demanda potencial podría llegar hasta los 5.677 m³/seg. con lo que aún así quedaría un cierto margen en cuanto a la capacidad instalada de tratamiento.

También se tiene el uso en la recarga de acuíferos, en el cual como en todos los demás objetivos por parte del gobierno, no se está cumpliendo de manera adecuada, ya que si se tenía como meta el recargar el acuífero con 3420 [l/s], actualmente muchos de estas acciones se encuentran en proyecto.

Podemos concluir de el análisis oferta demanda, que en un futuro inmediato, se cuenta con la capacidad instalada para satisfacer en cantidad y calidad en el 100% de la demanda generada, el problema que se presenta es el de el suministro de agua tratada, ya que existen muchas zonas y sobre todo el las delegaciones que se encuentran cerca de la sierra del Ajusco, que presentan dificultades para hacer llegar la red de distribución, ya que por razones obvias, la altura a la que se encuentran requiere de la instalación de estaciones de bombeo que encarecerían dicho servicio.

Delegación	Áreas Verdes	Equipamiento	Industria	Zona Ejidal	Total
Alvaro Obregón	6.94				6.94
Azcapotzalco	17.25	8.32			26.27
B. Juárez	7.94		2.00		9.94
Coyoacán	56.53	4.80			61.70
Cuajimalpa					
Cuauhtemoc	21.25				21.25
G. A. Madero	181.10	22.17	20.00		225.06
Iztacalco	20.86	41.60			61.46
Iztapalapa	136.40	17.24	59.20		186.85
M. Contreras					
M. Hidalgo	202.75				204.75
Milpa Alta					
Tláhuac				320.74	320.74
Tlalpan	50.00				50.00
Ven. Carranza	28.80	15.36	2.00		46.10
Xochimilco				635.96	635.96
Total	699.90	109.49	83.20	956.70	1873.80

Cuadro 3.3. Uso actual del agua tratada por delegación (1990) [l/s].

Delegación	Áreas Verdes	Equipamiento	Industria	Zona Ejidal	Total
Alvaro Obregón	247.7	42.8	14.4	36.7	341.6
Azcapotzalco	25.6	55.1	140.6		221.3
B. Juárez	28.1	34.1	6.9		69.1
Coyoacán	459.4	18.1	28.2		505.7
Cuajimalpa		18.4		233.2	251.6
Cuauhtemoc	24.3	45.3	2.2		71.3
G. A. Madero	297.0	70.4	69.3		436.7
Iztacalco	18.1	33.8	42.8		94.7
Iztapalapa	362.9	84.9	83.4		531.7
M. Contreras				53.0	53.0
M. Hidalgo	238.8	67.9	57.6		364.3
Milpa Alta					
Tláhuac		7.0		1170.6	1177.6
Tlalpan	82.4	52.4		112.0	246.8
Ven. Carranza	47.1	109.0	11.0		167.1
Xochimilco		2.9	18.0	1102.0	1122.9
Total	1702	642.5	495.0	2708.0	5677.0

Cuadro 3.4. Demanda potencial de ART por delegación y por uso en el D.F. [l/s]

⊕ Proyección a futuro del tratamiento y reuso de aguas residuales.

Resulta muy difícil hablar de la proyección a futuro del tratamiento de aguas residuales sin hablar de las metas propuestas por el gobierno, ya que ahí se contemplan todas las acciones que se deberán llevar para el mantenimiento, operación y desarrollo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, pero lo que realmente quisiera evaluar es la situación real que se podría tener en el futuro, ya que a veces los planes y acciones difieren de la realidad.

Por ejemplo, resulta obvio que se debe fomentar en mayor manera la inversión privada en los sistemas de tratamiento, ya que en las plantas de tratamiento que fueron concesionadas se han aplicado políticas diferentes, con resultados alentadores, habiendo sus excepciones; por ejemplo, se ha dado una mayor capacitación al personal que labora en dicha instalación, el mantenimiento se lleva de una manera más estricta y adecuada, en fin como toda empresa pública que pasa al ámbito privado el control que se lleva sobre esta se ve incrementado, lo que se ve reflejado en la eficiencia con la que opera.

Todo esto tiene a su vez ciertos riesgos, como sucedió en la planta de tratamiento de aguas residuales de San Juan de Aragón, en donde a pesar de que se hizo una licitación pública para la concesión de dicha planta y se "evaluaron" las propuestas de diferentes empresas escogiéndose "la mejor", dicha empresa no operó de manera correcta la planta e hizo que se fuera a la quiebra, dejando a la planta sin funcionar, generando un problema para el gobierno, ya que esto causa lógicamente un decremento en la oferta de agua residual tratada de la zona, también el que se tenga que volver a concesionar la planta en el estado en que se encuentra o bien que el gobierno la ponga en funcionamiento para después concesionarla.

El problema de la inversión particular es que aparte de que la inversión en el tratamiento de agua residual resulta poco atractivo, se debe tener la certeza de que la empresa a la que va a ser concesionada presente de manera fehaciente la capacidad y actitud para enfrentar el manejo de una planta de tratamiento.

En un corto plazo, se deberá seguir atendiendo a los usuarios comerciales, industriales y particulares, expandiendo la red de distribución según los núcleos de demanda, para que con sus mismas cuotas se reinvierta de manera permanente en este aspecto, logrando a su vez comunicar a usuarios domésticos potenciales para cuando inicie el programa de sustitución de agua potable por residual para su uso en riego, saneamiento y limpieza en las viviendas.

En el aspecto social el problema que se tiene es que se nos ha acostumbrado a que todos tenemos el derecho al agua potable pagando cantidades irrisorias por ella, y si esto sucede con el agua potable, ni siquiera se piensa realmente en el costo y la importancia del tratamiento de las aguas residuales, generando un grave problema en cuanto a la concientización de los beneficios de dicha acción, aparte de los cambios físicos que generará el uso del agua residual en actividades en las que se utilizaba agua potable, como en los sanitarios, mingitorios, etc. en los que el usuario está acostumbrado a utilizar agua cristalina.

El aspecto de calidad, es uno de los tantos problemas que deberán enfrentar los responsables del tratamiento, ya que como se pudo comprobar en el capítulo II de este documento, en algunos casos ninguna fase de tratamiento satisface ciertos parámetros, provocando no un peligro pero si el malestar o la poca comodidad de los futuros usuarios, así como posibles taponamientos por exceso de contaminantes en las redes de distribución, lo más importante es el provocar la aceptación del usuario al brindarle una calidad del agua tal que no se de cuenta que es agua tratada, es decir no es conveniente tratar de lograr una calidad que se pudiera utilizar para el baño diario o para el lavado de trastos de cocina, debido a lo que el tratamiento significaría en costo, pero si puede utilizarse en el W.C., mingitorio, riego de áreas verdes, lavado de autos, patios y banquetas, sin que provoque problemas de olor o de materia suspendida, que representaría un problema al usuario.

A pesar de todo esto, el futuro del tratamiento de aguas residuales debe ser el seguir expandiendo poco a poco las zonas distribuidas por medio de la red, para liberar el uso de agua potable, claro deberá esperar hasta que el subsidio de los sistemas de distribución del agua potable para que a su vez, dicho subsidio pudiera pasar de manera parcial o total a los sistemas de tratamiento, generando que el costo del agua potable subiera y el costo del agua tratada fuera más atractivo para el uso doméstico que no requiriera de calidad potable, se deberá incrementar la capacidad de las plantas de tratamiento y a su vez la construcción de nuevas plantas para lograr satisfacer la demanda que se generará, otro asunto importante es el del drenaje, ya que el drenaje de la ciudad de México, en algunos puntos, deberá empezar su rehabilitación debido al tiempo que lleva en funcionamiento, antes de realizar esto, se deberá estudiar el colocar drenaje separado, para optimizar los procesos de las plantas residuales, ya que en época de lluvias se ven afectados por la dilución de las aguas crudas.

Otro de las posibles acciones para abatir la sobreexplotación de los acuíferos es la recarga de estos con agua tratada, significando esto un gran objetivo, ya que aparte de que se necesita mucha capacidad para generar agua residual tratada, así como también la capacidad de inyectarla o enlaguearla y la verificación de los posibles efectos toxicológico – epidemiológicos que puede tener la población al extraer agua del subsuelo para su uso. En la actualidad poca es la capacidad que se ha instalado para hacer notable la recarga de acuíferos, por lo que este factor también puede afectar la medida en el aumento de la capacidad para el tratamiento de las aguas residuales.

⊕ El reciclamiento como alternativa para reducir el costo por m³

Como ya hemos visto, el costo de tratamiento de una planta de tratamiento de agua residual, resulta muy por abajo del costo real del agua potable, pero como los sistemas de manejo de esta última están subsidiados, el costo final al consumidor del agua potable resulta irrisorio en comparación al del agua tratada, esto acarrea múltiples problemas, ya que muchas empresas o industrias prefieren hasta cierto punto "arriesgarse" a ser sorprendidos utilizando agua potable en vez de agua residual tratada, y digo "arriesgarse" porque siempre se tiene la opción de dar el clásico soborno al inspector para que el asunto quede olvidado. Tal vez, esto se puede apreciar un poco exagerado, pero no es así, desgraciadamente, se vive día con día en esta gran ciudad, tanto en pequeños negocios como en grandes empresas y lo más desagradable de todo esto es que muchos de estos negocios o empresas ya cuentan con un sistema de distribución de aguas residuales, pero obviamente lo que les conviene más es el utilizar agua potable y no por que no les guste la apariencia del agua tratada, sino por el costo que representa.

Citemos un ejemplo, una fábrica pequeña, la cual como la mayoría de las microempresas, está instalada en un domicilio particular, cuenta con medidor de agua, que usa el agua como principal componente para hacer digamos "adobes" por citar alguna actividad de las muchas que podría utilizar agua residual tratada, utiliza en promedio, 30 m³ de agua al mes, es decir 60 m³ al bimestre el pago correspondiente de agua potable es de 101.80 pesos más 3.53 pesos por cada metro cúbico si se exceden de 70 m³ al bimestre; por el contrario, si utilizaran agua residual tratada, cuyo costo por m³ promedio es de 13.5 \$/m³ pagarían 810 pesos.

Esta diferencia de más o menos el 800% lo cual para una microempresa resulta bastante representativo en sus costos de producción, lo mismo resulta para otras empresas que por ejemplo utilizan el agua para ciertos procesos, de los cuales se puede recuperar el agua, como por ejemplo las empresas refresqueras o las distribuidoras de frutas, las cuales necesariamente deben utilizar agua potable para el lavado de los envases de vidrio o de las frutas y legumbres, dichas empresas en la mayoría de los casos reutilizan el agua de lavado varias veces o bien se le da un tratamiento, el cual resulta muy sencillo pues ya se sabe que clase de contaminantes tiene el agua y en su caso la cantidad.

Esta reutilización o reciclamiento, podría también utilizarse en todas aquellas empresas que utilizan el agua tratada por ley, y que a su vez tienen la posibilidad de recuperarla, es decir no serviría para la empresa de adobes antes mencionada, pero sí para una empresa que se dedicara a los plásticos, ya que muchas veces los patios de maniobras quedan llenos de base de plástico, que no es más de unas pequeñas esferas de plástico, las cuales entran a una fundidora para crear nuevos productos, dichas empresas al hacer el lavado de los patios, podrían utilizar el agua residual a presión, para posteriormente recolectarla, esto permitiría a su vez la posibilidad de retirar la base de plástico para su posterior reintegración al proceso de manufactura.

Este reciclamiento, puede ser una verdadera opción para todas aquellas empresas que deben utilizar agua residual tratada, y que tienen la posibilidad de recuperarla después de ser utilizada, para reducir el costo de esta. Esto también podría generar un aumento en la demanda, ya que se podría fomentar el uso del agua residual tratada en todas aquellas empresas o establecimientos que no la utilizan por razones de su costo, al ver reflejado en este reciclamiento en un precio más accesible del agua tratada.

Capítulo IV) Caso Estudio

- **Autolavados en el Distrito Federal**
 - **Situación y proyecciones**
 - **Distribución de aguas residuales**
 - **Cantidad promedio de agua residual utilizada y el costo que representa**

- **Estudio y caracterización del agua residual generada**
 - **Parámetros**
 - **Generalidades de los contaminantes**
 - **Alternativas de tratamiento**

- **Diseño de Facilidades Requeridas**
 - **Diseño sanitario**
 - **Diseño hidráulico**

- **Análisis Costo - Beneficio**

IV. Caso estudio

■ Autolavados en el Distrito Federal

⊕ Situación y proyecciones

La actual explosión demográfica presentada por el Distrito Federal, ha hecho que la necesidad de prestación de servicios aumentara, entre ellos el de lavado de autos, dichos servicios al principio de los años ochenta no llegaban a los 100 servicios en todo el Distrito Federal, y por consiguiente, la poca infraestructura existente, y que las leyes correspondientes no obligaban a utilizar agua tratada, todos estos lavados utilizaban invariablemente agua potable. Por otra parte hacia los años ochenta, el crecimiento del padrón vehicular permaneció constante, sobre todo por las crisis económicas que el país venía presentando de años atrás, limitando a su vez el crecimiento de los establecimientos dedicados al lavado de automóviles.

Un cambio empezó a gestarse a finales de la época de los ochentas y principios de los noventas esta fue la "mejora económica" del país, lo que provocó el crecimiento del padrón vehicular, al punto de crear una sobredemanda del servicio de lavado y por consiguiente, el crecimiento de estos establecimientos hasta del doble de los autolavados existentes, ya que llegaron a un número de casi 350 establecimientos, en todo el Distrito Federal, después vino el "periodo negro" es decir diciembre del 94, provocando la crisis descomunal que todos vivimos, generando baja en el crecimiento del padrón vehicular y de los servicios de lavado de autos, manteniéndolos hasta cierta forma estables.

Una vez superada la crisis, y resurgiendo el imparable crecimiento padrón vehicular, provocaron que en el periodo de finales de los años noventa el estancamiento en que había caído el crecimiento de los autolavados reaccionara de manera muy rápida, aparte de que resultaba muy atractivo la apertura de este tipo de negocios, por la sobredemanda existente debido a la anterior baja de su crecimiento, esto generaba buenas ganancias y como la ley de la oferta y demanda rara vez tiene variaciones, se generó la apertura masiva de autolavados en todo lugar del Distrito Federal en que fuera "factible".

Lavados Automotrices 1980 - 2000

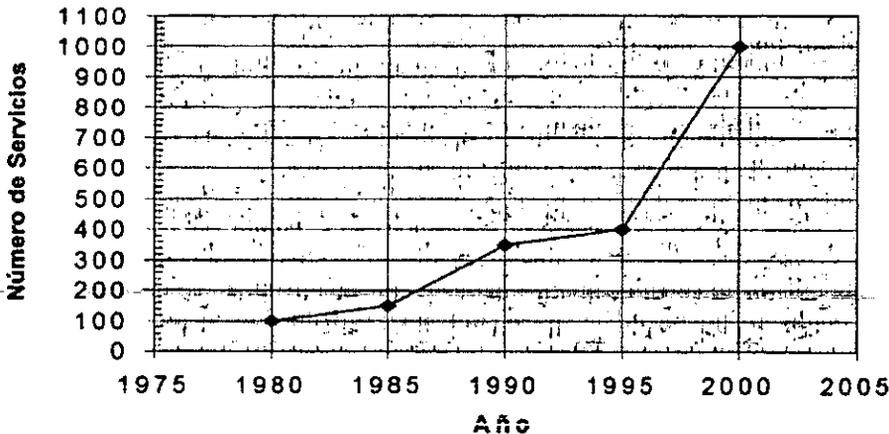


Figura 4.1 Lavados Automotrices en el D.F.

Esta explosión hizo que el crecimiento fuera más del 100% es decir de los aproximadamente 400 autolavados existentes a mediados de los noventa se llegara a casi 1000 a finales de dicho periodo. Ver figura 4.1.

⊕ Distribución de aguas residuales

Mientras que en un principio existían pocos autolavados, no era un problema abastecerlos de agua, hasta agua potable, pero conforme fueron creciendo junto con la ciudad y los requerimientos de agua potable de ésta última se fueron haciendo mayores, se tuvo que regular de tal manera que no se permitiera el uso de agua potable en autolavados, esto sucedió hasta principios de los años noventa, cuando las necesidades de agua potable del Distrito Federal se vieron más agravadas.

Como ya se estudió, entre los principales problemas que se tienen para la distribución del agua residual es el de que a veces se tiene que transportar en carros - tanque para poder

llegar a ciertas áreas de la ciudad que no cuentan con el paso de la red de distribución cerca de su domicilio, esto encarece el servicio, sin contar con que en ocasiones si se tiene la suerte de contar con el paso de la red a corta distancia, la conexión a dicha red resulta costosa por que se tiene que afectar vías de comunicación.

Esto ha llevado a que la distribución actual de agua tratada no alcance al 100% de la población de autolavados, como se podrá ver en el comparativo de la figura 4.2, sólo al 80% de los autolavados existentes se les suministra agua residual, al 15% se les suministra por medio de la red, al 65% se les suministra por medio de pipas, y al restante 20% no se tiene una certeza de cómo reciben el agua, ya que muchas veces existe corrupción por parte de los mismos trabajadores del gobierno, como por ejemplo el caso de la delegación Iztapalapa, el gobierno proporciona carros tanque para el regado de áreas verdes, y paga a trabajadores para dicho trabajo, pero estos prefieren vender el agua a autolavados a un precio más bajo que el oficial, claro, esto sin reportarlo a sus superiores, por lo que se piensa que esa agua fue usada para riego, pero se vende a establecimientos y las utilidades se las quedan los operadores de los carros tanque. Otra de las prácticas que se lleva a cabo es el llenado clandestino de sistemas y piletas con agua potable durante las noches.

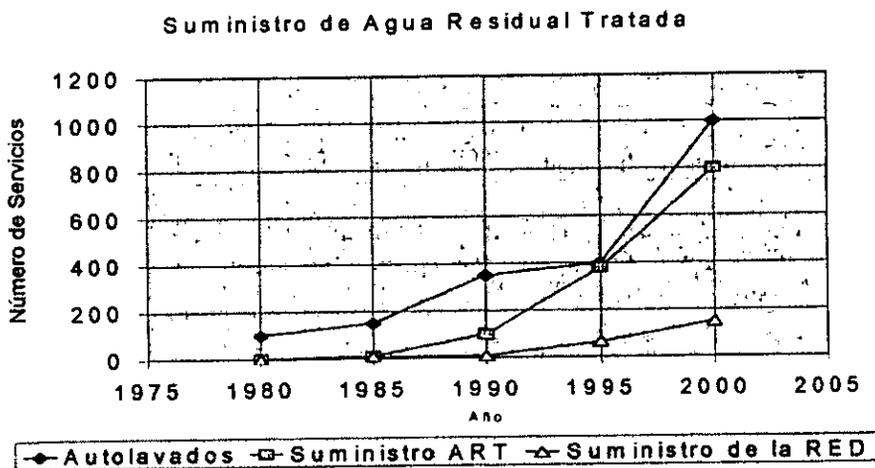


Figura 4.2 Tipo de distribución de agua residual.

⊕ Cantidad promedio de agua residual utilizada y el costo que representa

De manera circunstancial, la demanda promedio del servicio de lavado de autos en los autolavados analizados, se mantiene constante durante la mayor parte del año, presentado sus excepciones en algunas fechas como por ejemplo, fin de año o bien cuando se presenta algún evento extraordinario, como la caída de ceniza volcánica arrojada por el volcán Popocatepetl, en lo que resta del año suceden dos situaciones:

- Época de estiaje: sucede, que en ésta época, las partículas de polvo levantadas por el viento, generan la mayor cantidad de partículas que ensucian los automóviles, dándoles un aspecto de opaco tanto a la pintura como a los cristales, se podría decir que el tiempo en que un automóvil se ensucia es de alrededor de dos semanas.
- Época de lluvias: en ésta época resulta menor la contaminación por partículas de polvo, por la obvia razón de que la misma lluvia genera el lavado de la mayor parte de las superficies construidas de la ciudad, haciendo que el polvo sea arrastrado hasta las alcantarillas, y en las zonas no construidas, el agua sirve como un reordenador de las partículas de tierra, las cuales al entrar en contacto con el agua cambian su estructura, lo que provoca que su desprendimiento por el viento sea menor. Por otro lado, al presentarse la precipitación en el valle de México, el agua arrastra algunos de los gases y partículas suspendidas en la contaminada atmósfera, provocando las manchas que a veces son muy perceptibles sobretodo en el asfalto, estas manchas también pueden ser visibles en los cristales y pintura (sobre todo en los colores oscuros) de los automóviles, se pensaría que en esta época la demanda del servicio del lavado de autos aumentaría, pero no es así, ya que la frecuencia de las lluvias hace que los clientes se desanimen, piensan que "para que lavar su auto hoy si va a volver a llover mañana", esto aunado a que si la lluvia es muy fuerte, puede que la atmósfera quede limpia después de cierta precipitación, haciendo que la misma lluvia "limpie el auto".

La explicación de estas dos situaciones no es más que para hacer notar que la demanda en el servicio del lavado es más o menos constante, ya que por un lado los vehículos casi no se ensucian y por otro, se ensucian muy seguido pero las frecuencias de las lluvias desaniman al consumidor, y sobre todo casi nunca se requiere del servicio cuando está lloviendo.

En la demanda del agua residual por consiguiente, resulta similar a la situación anterior, el consumo, resulta igual, más o menos constante, y muchas veces no depende del tamaño de las instalaciones, en este caso, los lavados consultados, dos eran de tamaño "grande" y dos "pequeños" y se observó que sí, en ciertas ocasiones los lavados grandes tenían mayor capacidad de lavado, sobre todo los fines de semana, que son los días de mayor demanda, y en otras ocasiones, como no se llegaba a la totalidad de capacidad, el ritmo de servicio era el mismo.

El resultado de la consulta y análisis de los datos, arrojó que, en promedio se consumen aproximadamente 27.2 m³ de agua residual mensualmente, los cuales al precio promedio del agua residual tratada (\$13.50 pesos más iva), tienen un costo de \$422.28 pesos mensuales, con un costo anual de \$5067.36, que representan una parte importante en los egresos de una empresa de este tipo.

	AL1	AL2	AL3	AL4
Septiembre	27	29	18	Nd
Octubre	22	32	22	Nd
Noviembre	31	35	25	Nd
Diciembre	35	39	21	Nd
Enero	28	35	19	Nd
Febrero	30	27	11	Nd
Marzo	50	30	19	22
Abril	24	19	Nd	26
Mayo	37	31	15	37
Junio	21	27	23	33
Julio	30	34	26	25
Agosto	24	25	25	27
Promedio	29.92	30.25	20.36	28.33
			Promedio:	27.22

Cuadro 4.1. Consumos promedio de ART en cuatro diferentes autolavados.

■ Estudio y caracterización del agua residual generada

⊕ Parámetros

Entre los principales parámetros que se deberán analizar en este caso se presentan en el cuadro 4.2, así como la cantidad presente de cada uno de ellos en el agua residual generada por autolavados [13].

Parámetro	Condición
Grasas y aceites	140 mg/l
Fluoruros	0.86 mg/l
Aluminio	0.51 mg/l
Níquel	0.7 mg/l
Arsénico	0.3 mg/l
Plomo	NSD
Cadmio	NSD
Zinc	0.1 mg/l
Cianuro	0.6 mg/l
Fenoles	0.06 mg/l
Cobre	NSD
SAAM	0.7 mg/l
Cromo Hexavalente	NSD
Conductividad	2.3 μ S/cm
Cromo total	NSD
PH	6.7
Mercurio	NSD
Sólidos Sedimentables	0.5 ml/l
Plata	NSD

Cuadro 4.2. Principales parámetros de contaminantes en el agua residual generada en autolavados.

Existen claro otros parámetros, pero como el contacto con los automóviles no genera un aumento considerable en estos, se tomarán como los provenientes directamente de la red de distribución.

⊕ Generalidades de los contaminantes

◇ **Grasas y aceites:** Incluye grasas de origen vegetal, animal y derivados del petróleo; pueden causar obstrucciones en las líneas de conducción, formación de natas o inhibición del desarrollo de poblaciones bacterianas. Son importantes los volúmenes de grasas que se vierten en los colectores, procedentes de los garages (desprovistos generalmente de decantadores de grasas antes de su acometida a la red de alcantarillado), de los hogares y calefacciones, de lavaderos, mataderos, y de la escorrentía superficial en colectores unitarios. Las grasas han creado muchos problemas en la técnica de tratamiento de las aguas residuales, especialmente en los elementos y procesos siguientes:

- En rejillas finas causan obstrucciones que aumentan los gastos de conservación.
- En los decantadores forman una capa superficial que dificulta la sedimentación al atraer hacia la superficie pequeñas partículas de materia orgánica.
- En la depuración por los sistemas de lodos activados dificultan la correcta aereación disminuyendo el coeficiente de transferencia al 55 – 70% al subir las grasas de 0 a 70 mg/l, y participan en la producción del fenómeno de Bulkin
- Perturban el proceso de digestión de lodos
- La DQO se incrementa en un 20 a 30% en mataderos, por ejemplo de un 8 a un 15% por las grasas contenidas en los vertidos

Las cantidades de grasas incorporadas en las aguas residuales son muy variables, pero, para aguas urbanas pueden considerarse unas cifras de 24 gramos por habitante y por día, o bien el 28% de los sólidos en suspensión.

La solución para evitar la existencia de grasas en el alcantarillado, sería la instalación de cámaras de desengrasado en todos los establecimientos donde se produzcan.

- ◇ **Metales Pesados:** Indican contaminación industrial. Afectan el metabolismo microbiano por ser tóxicos.
- ◇ **Conductividad eléctrica:** Se relaciona con la concentración de sólidos disueltos, y es proporcional al pH, la turbiedad y el color.
- ◇ **pH :** Es el logaritmo común negativo de la actividad del ión hidrógeno. Es una medida del equilibrio ácido – base de compuestos disueltos.

◇ Sólidos Sedimentables: Los sólidos presentes en el agua se dividen en sedimentables, disueltos y suspendidos. Los sedimentables se miden mediante su decantación en un cilindro de un litro. También se pueden medir en un cono IMHOFF. Sólidos en suspensión que pueden llegar a sedimentar en condiciones de reposo, debido a la influencia de la gravedad.

⊕ Alternativas de tratamiento.

Debido a los contaminantes agregados al agua en el proceso del lavado de autos, el nivel de tratamiento requerido resulta el pretratamiento, sedimentación, y tratamiento avanzado.

◇ Entre los pretratamientos requeridos son el cribado, desarenación, flotación.

→ Cribado

La primer operación unitaria en las plantas de tratamiento de aguas residuales es el cribado o desbaste. El propósito es remover sólidos gruesos como papel, trapos, madera, plásticos y otros, ya que si no se eliminan pueden dañar el equipo de bombeo y el de concentración de lodos, atorarse sobre los aeradores mecánicos, bloquear tuberías, boquillas, creando serios problemas de operación y mantenimiento. Las características se presentan en el cuadro 4.3.

Tipos	Abertura (cm)	Propósito
Rejas para basura	5 - 10	Protegen las bombas y equipo de los objetos grandes (troncos, trapos, botes, etc.)
Rejillas	1.5 - 5	Parecidas a las rejas con aberturas más pequeñas para separar materiales de menor tamaño.
Tamices	0.22 - 0.32	Protegen las boquillas de los filtros percoladores
Desmenuzadores	0.75 - 2	Reducir el tamaño de los materiales mediante trituración o corte sin removerlos de las aguas residuales.

Cuadro 4.3. Tipos de dispositivos para cribado

En nuestro caso obviamente requeriremos sólo de las rejillas, ya que el material a remover será principalmente el de basura generada en los automóviles, como por ejemplo envolturas de alimentos, pañuelos desechables, cajas de cigarrillos, etc.

- Rejillas

Las rejillas (cribas gruesas) se fabrican con barras de acero u otro material de alta resistencia, las cuales van soldadas a un marco que se coloca transversalmente al canal; son comúnmente utilizadas en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales de tamaño medio y grande y su limpieza puede ser manual o mecánica. Las rejillas de limpieza manual tienen ángulos de inclinación típicos respecto a la horizontal de 30 a 45°. En las rejillas mecánicas esta inclinación es de 45 a 90° con valores típicos de 60°. En el cuadro 4.4 se presenta la información de diseño para rejillas de limpieza manual y mecánica.

Concepto	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Velocidad a través de las rejillas, [m/s]	0.3 - 0.6	0.6 - 1.0
Tamaño de las barras:		
Ancho, mm.	4 - 8	8 - 10
Profundidad, mm.	25 - 50	50 - 75
Separación libre entre barras, mm.	25 - 75	10 - 50
Pendiente con respecto a la horizontal, grados.	45 - 60	75 - 85
Pérdida de carga admisible, mm. (en rejilla coimatada)		
Admisible, mm.	150	150
Máxima, mm.	800	800

Cuadro 4.4. Información típica de diseño para rejillas de limpieza manual y mecánica

Rejillas de limpieza manual:

Las rejillas de limpieza manual en los sistemas de tratamiento de aguas residuales se localizan generalmente antes de los sistemas de bombeo para su protección. La tendencia en los últimos años ha sido instalar rejillas de limpieza mecánica o trituradores, no sólo para reducir a un mínimo el trabajo manual de limpiar las rejillas si no también para disminuir los reboses y desbordamientos que se producen por el atascamiento de las mismas.

La longitud (profundidad) de la rejilla de limpieza manual no debe exceder de lo que puede rastrillarse fácilmente a mano. En la parte superior de la rejilla deberá colocarse una placa

perforada para que los sólidos removidos puedan almacenarse temporalmente para su desagüe.

El canal donde se ubica la rejilla debe proyectarse de modo que se evite la acumulación de arena y otros materiales pesados antes y después de la reja. De preferencia, el canal debe ser recto perpendicular a la rejilla para procurar una distribución uniforme de los sólidos en la sección transversal al flujo y sobre la rejilla.

Con objeto de proporcionar suficiente superficie de rejilla para la acumulación de basuras entre las operaciones de limpieza, es esencial que la velocidad de aproximación se limite a 0.45 m/s caudal medio. Conforme se acumulen las basuras, obturando parcialmente la rejilla, aumenta la pérdida de carga, sumergiendo nuevas zonas a través de las cuales va a pasar el agua. El diseño estructural de la rejilla ha de ser adecuado para evitar su rotura en caso de que llegue a taponarse totalmente.

Rejillas de limpieza mecánica:

Para realizar el proyecto de este tipo de dispositivos se determina por anticipado el tipo de equipo a utilizar, las dimensiones del canal de la rejilla, el intervalo de variación de la profundidad del flujo, la separación entre barras y el método de control de la rejilla. Este tipo de rejillas según la empresa fabricante pueden limpiarse, por la cara anterior o posterior. Cada tipo tiene sus ventajas y desventajas.

En el modelo de limpieza frontal, el mecanismo se halla totalmente enfrente de la rejilla, una posible desventaja de este tipo de rejillas es que si se depositan algunos sólidos al pie de esta, la pueden obstruir bloqueando el mecanismo y poniéndolo fuera de operación.

En el modelo de limpieza por la cara posterior se evita precisamente el atascamiento que pudieran ocasionar los sólidos depositados al pie de la rejilla, ya que existen diseños en los cuales los rastrillos entran a la rejilla por la zona posterior, pasan por debajo de ella y rastrillan en la cara frontal arrastrando los sólidos que pudieran quedarse en la base de la rejilla.

En nuestro caso, ocuparemos las rejillas de limpieza manual, y colocadas en posición horizontal, es decir con un ángulo 0° de inclinación con respecto a la horizontal y cubriendo en su totalidad el canal de entrada.

→ Desarenación.

Los desarenadores se emplean para separar materiales más pesados que la materia orgánica putrescible (arena, grava, cenizas y otros). Protegen las bombas y otros equipos del desgaste debido a la abrasión, evitan que estos materiales se acumulen en los tanques evitando así obstrucciones y taponeamientos.

Su forma es generalmente la de grandes canales, la velocidad de la corriente en ellos disminuye lo suficiente (0.3 m/s) para que los sólidos orgánicos pesados se depositen, manteniéndose en suspensión los sólidos orgánicos ligeros e inorgánicos finos (menores de 0.2mm.). Es difícil separar únicamente las sustancias minerales, ya que muchos restos de comida tienen grandes diámetros y su velocidad de sedimentación es comparable con la de la arena. Esto hace que el material que se extrae del desarenador contenga partículas orgánicas que puedan causar malos olores si no se les proporciona el manejo adecuado.

Ubicación:

Comúnmente se coloca el desarenador después de rejas para evitar que las partículas grandes interfieran en el proceso aguas abajo. La colocación de un canal de demasías es un concepto falso, ya que durante las precipitaciones pluviales se arrastra una mayor cantidad de arena. En este caso es cuando más se necesita el desarenador, por lo cual su diseño debe considerar el manejo eficiente del agua de lluvia.

Si se requiere un cárcamo de bombeo para elevar el agua, se recomienda que el desarenador se coloque antes del cárcamo y después de rejas. El equipo mecánico y electromecánico no sufre daños por arena, pero si se desgasta más rápidamente. Se recomienda separar arena para protección de partes mecánicas.

Tipos de desarenadores:

Para separación de sólidos se utilizan principalmente la fuerza de la gravedad (sedimentación) y la fuerza centrífuga (ciclones). En el tratamiento de aguas residuales en México se utilizan principalmente separadores por gravedad.

Se identifican cuatro tipos principales de desarenadores:

1. De flujo horizontal o velocidad controlada
2. Desarenadores aereados
3. Tanques de sección cuadrada o tanques de detritos
4. Tipo vórtice

En los desarenadores de tipo horizontal, el caudal pasa a través del tanque en dirección horizontal y la velocidad de flujo es controlada por las mismas dimensiones de la unidad o mediante el uso de vertedores de sección especial al final del tanque.

Los desarenadores aereados consisten en tanques sujetos a una aereación del tipo de flujo en espiral en donde la velocidad es controlada mediante sus dimensiones así como por la cantidad de aire suministrada a esa unidad.

Los desarenadores de sección cuadrada o tanques de detritos son simplemente tanques de sedimentación en los cuales la arena y los sólidos orgánicos sedimentan en forma conjunta; los sólidos orgánicos se separan posteriormente por medios mecánicos.

En los desarenadores tipo vórtice (ciclón), el agua entra y sale tangencialmente y las arenas sedimentan por gravedad debido a la inercia y a su densidad mayor que la del agua.

En este caso en particular, utilizaremos un desarenador de tipo horizontal, debido a la sencillez del diseño y el poco requerimiento de energía y mantenimiento.

Tanques desarenadores de flujo horizontal o velocidad controlada

Actualmente en México, la mayoría de tanques desarenadores son del tipo flujo horizontal. Estos tanques se diseñan para mantener una velocidad de flujo cercana a 0.30 m/s. Esta velocidad conducirá las partículas orgánicas a través del tanque y tendrá que resuspender aquellas que se hubieran sedimentado, sin embargo, permitirá la sedimentación de las arenas.

El diseño de este tipo de desarenadores deberá ser tal, que bajo las condiciones más adversas, las partículas de arena más ligeras lleguen al fondo del tanque antes de llegar a la salida del mismo.

Normalmente, los tanques desarenadores son diseñados para eliminar las partículas que fuesen retenidas en la malla #65, es decir, con un diámetro mayor a 0.21mm. La longitud del canal estará regida por la profundidad requerida por la velocidad de sedimentación y la sección de control. El área transversal a su vez está regida por el caudal y el número de canales. Es importante prever cierta longitud adicional para tener en cuenta la turbulencia que se forme en la entrada y la salida, recomendándose un mínimo de aproximadamente el doble de la profundidad a flujo máximo aunque a veces se puede utilizar una longitud máxima adicional del 50% de la longitud teórica. En el cuadro 4.5 se presentan los datos típicos de diseño para este tipo de desarenadores.

Concepto	Valor	
	Rango	Típico
Tiempo de retención, s	45 - 90	60
Velocidad horizontal, m/s	0.25 - 0.40	0.30
Velocidades de sedimentación en:		
→ Material retenido en la malla 65 m/min*	1.0 - 1.3	1.15
→ Material retenido en la malla 100 m/min*	0.6 - 0.9	0.75
Pérdida de carga en la sección de control como porcentaje de la profundidad del canal en %	30 - 40	36**
Estimación de la longitud adicional por el efecto de turbulencia en la entrada y en la salida	2 Dm***	0.5L****

Cuadro 4.5. Datos típicos de diseño para desarenadores de flujo horizontal.

* Si la gravedad específica de la arena es significativamente menor que 2.65 se deberán usar velocidades menores.

** Uso de medidor Parshall como sección de control

*** Dm= Profundidad máxima en el desarenador

**** L= longitud teórica del desarenador.

→ Flotación

Ya se mencionaron los problemas generados por las grasas, por ello es necesario colocar un separador de grasas en el proceso de tratamiento, como veremos a continuación, existen varios tipos de separadores de grasas, los que en un principio, fueron desarrollados por la industria del petróleo como sistemas de flotación para la separación de aceites y sólidos en suspensión en agua. Para tratar las aguas residuales de la industria del petróleo se emplean tres tipos de separadores: API, PPI, y CPI.

La función principal de los separadores API (siglas en inglés de American Petroleum Institute) es separar el aceite libre del agua residual, pero como no es capaz de separar sustancias solubles o romper emulsiones, no debe emplearse en dichas funciones. Sin embargo, lo mismo que en cualquier otro equipo de sedimentación, a la vez que el aceite se separa, se decantan los sólidos en suspensión. El diseño de los separadores se basa en la velocidad ascensional de partículas esféricas de aceite de un diámetro de 0.015 cm. Para este tamaño de partículas el número de Reynolds es inferior a 0.5 y hay que aplicar la ley de Stokes.

La tecnología ha mejorado el grado de depuración mediante separadores de agua – aceite más eficaces, PPI, y CPI, y las unidades de flotación con aire.

En los separadores PPI (Parallel Plate Interceptor) las mejoras corresponden a la incorporación de placas paralelas inclinadas en los canales de un separador API convencional. De esta manera se consigue la separación de las partículas de aceite menores de 150mm. un rendimiento mayor, menos espacio y un costo menor que el costo de un separador API, es un separador PPI.

El separador CPI (Corrugated Plate Interceptor) representa un perfeccionamiento del PPI, emplea placas corrugadas con una inclinación de 45° con respecto a la horizontal y en dirección al flujo de agua residual. Además de las ventajas del PPI sobre el API, el CPI resulta más económico que el primero y los rendimientos de separación de aceite son mayores.

Separadores con aire a presión:

Los sistemas de flotación con aire a presión, permiten separar partículas sólidas o líquidas de baja densidad, de la fase líquida. La separación se logra introduciendo burbujas de un gas en la fase líquida (usualmente aire). La fase líquida se presuriza entre 2 a 4 atmósferas, en presencia de suficiente aire para lograr la saturación del aire en el agua. Entonces el líquido saturado de aire se despresuriza a la presión atmosférica mediante una válvula reductora de presión. Diminutas burbujas de aire se liberan de la solución debido a la despresurización. Los sólidos suspendidos o las partículas líquidas, como por ejemplo, de aceite, flotan por efecto de las diminutas burbujas de aire, ocasionando que se eleven hacia la superficie del tanque.

Los sólidos suspendidos concentrados se separan como natas de la superficie del tanque, por medios mecánicos el licor clarificado se drena cerca del fondo y parte de él se puede recircular.

En el tratamiento de las aguas residuales, la flotación se emplea para los siguientes propósitos.

1. Separación de grasas, aceites, fibras y otros sólidos de baja densidad en las aguas residuales.
2. Espesamiento de lodos de los procesos de lodos activados
3. Espesamiento de lodos químicos floculados que resultan del tratamiento de coagulación química.

◇ La sedimentación es esencial para eliminar la materia en suspensión

→ Sedimentación

La sedimentación es la separación de partículas suspendidas más pesadas que el agua, mediante la acción de la gravedad. El proceso de sedimentación se basa en la diferencia de gravedad específica entre el material sedimentable y el agua, por consiguiente cualquier factor que afecta tal característica afectará la velocidad de sedimentación.

Cuando en el agua residual los sólidos se separan mediante la acción de la gravedad y la agregación natural de las partículas, la operación recibe el nombre de "sedimentación simple" si se agregan productos químicos o de otra naturaleza para provocar o favorecer la agregación y asentamiento de la materia finamente dividida y sustancias coloidales, la operación recibe el nombre de "coagulación". En el caso de agregar productos químicos para separar de la solución las impurezas disueltas, la operación se describe como "precipitación química".

De forma genérica se denominan sedimentadores a los dispositivos (tanques) utilizados para la separación de partículas que no son retenidas en rejillas, (cribas) y desarenadores dichas partículas tienen generalmente densidades relativas cercanas a 1 gm/cm^3 y su velocidad de sedimentación es baja comparada con la arena. Para su separación se requieren tanques relativamente grandes, con volúmenes que proporcionen tiempos de retención hidráulica de hasta varias horas.

Los sedimentadores primarios se utilizan para remover sólidos sedimentables previamente a otros tratamientos. Cuando se combina con tratamiento químico y floculación, las unidades de tratamiento primario pueden remover fosfatos solubles y otros sólidos disueltos e incrementar la remoción de sólidos suspendidos.

Los sedimentadores intermedios o finales se usan para remover sólidos sedimentables producidos en los procesos de tratamiento biológico. Los tanques sedimentadores también se usan para remover sólidos sedimentables que puedan resultar de un tratamiento terciario.

El primero en hacer un postulado teórico de que el grado de separación de sólidos es independiente de la profundidad del tanque fue Hazen (1904) e hizo las siguientes consideraciones:

1. El sedimentador se divide en cuatro zonas:

Zona de entrada

Zona de sedimentación

Zona de salida

Zona de lodos

2. La trayectoria del flujo es horizontal. La dirección y velocidad son iguales a la zona de sedimentación.

3. La concentración de sólidos es homogénea a todo lo ancho de la zona de entrada
4. Todas las partículas suspendidas conservan su forma, tamaño y otras características durante el proceso de sedimentación. Lo anterior implica que no hay interferencias y que todas las partículas conservan su velocidad.
5. Se considera que una partícula ha sedimentado cuando toca el piso.

Ninguna de dichas consideraciones son completamente válidas en un tanque sedimentador real, tienen valor a nivel teórico que ayuda a explicar el fenómeno.

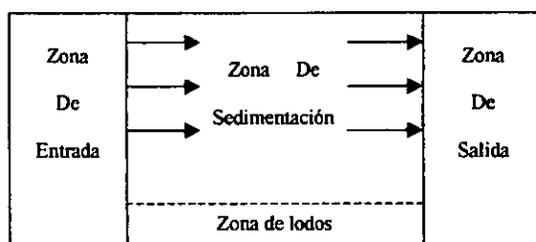


Figura 4.3. Zonas de un tanque sedimentador

Como consecuencia de la reducción de sólidos suspendidos, el tratamiento primario da origen a una reducción de la DBO asociada con los sólidos suspendidos que son retirados.

La depuración primaria (sedimentación) puede utilizarse como operación única de un proceso de depuración si las condiciones de vertido al cauce lo permiten; o si razones técnicas o económicas aconsejan un desarrollo en etapas en las que se considera la construcción inicial de un tratamiento primario. Al mismo tiempo que permite una solución provisional y limitada del problema, da la posibilidad de un mayor y más exacto conocimiento del vertido y las necesidades exactas de corrección para el diseño de la segunda etapa.

Lo normal es que la depuración primaria forme parte de un proceso con otras operaciones y procesos unitarios, para alcanzar los resultados previstos con el mejor rendimiento económico de todo el sistema. En esta hipótesis, la depuración primaria se coloca a continuación del pretratamiento y antes del proceso biológico. Su función básica es reducir la carga contaminante y la eliminación de material inerte (inorgánico), mejorando el rendimiento y las condiciones de funcionamiento de los procesos posteriores.

Los tipos posibles a incluir como depuración primaria pueden concretarse en el cuadro 4.6.

Tipos de sólidos en suspensión

Entre los sólidos en suspensión en las aguas residuales, los hay granulares y grumosos. Los granulares sedimentan con velocidad uniforme e independiente entre unos y otros. Los grumosos, constituidos por partículas, que se unen unas a otras para sedimentar, forman flóculos o grumos que adquieren mayor velocidad de descenso.

La American Water Works Association ha deducido una tabla de valores hidráulicos de sedimentación, que figura en el cuadro 4.7

Actuando sobre partículas de densidad mayor que uno	
Decantación natural	
Floculación natural – decantación	
Floculación química – decantación = Tratamiento físico – químico	
Actuando sobre partículas de densidad menor que uno	
Flotación natural	
Flotación aerada	
Flotación por aire disuelto (DAF)	

Cuadro 4.6. Tipos posibles a incluir como depuración primaria

Diámetros de partículas en mm.	Orden de magnitud	Velocidad de sedimentación mm/s.	Tiempo necesario para decantar un metro
10	Gravilla	1000	1 seg.
1	Arena gruesa	100	10 seg.
0.1	Arena fina	8	2 min.
0.01	Cieno	0.147	2 horas
0.001	Tamaño de bacterias	0.00154	7.5 días
0.0001	Tamaño de partículas de arcilla	0.0000154	2 años
0.00001	Tamaño de partículas coloides	0.000000154	206 años

Cuadro 4.7. Velocidad de sedimentación y tiempo para diversas partículas

Fair ha deducido las velocidades de sedimentación de partículas de diversas densidades, en función de sus distintos diámetros y para una temperatura de 10° C. Se indica a continuación el resumen de los resultados obtenidos.

Diámetro (mm)	1.0	0.5	0.2	0.1	0.005	0.001	0.0005
Arena de cuarzo (m/h)	502	258	82	24	6.1	0.3	0.06
Carbón (m/h)	152	76	26	7.6	1.5	0.08	0.015
Materias en suspensión en el agua residual doméstica (m/h)	122	61	18	3.0	0.76	0.03	0.006

Cuadro 4.8. Sedimentación de partículas según Fair.

Los pesos específicos, adoptados en el cálculo de los anteriores valores, son 2.65 Kg/dm³ para la arena de cuarzo, 1.5 para el carbón y 1.2 para las materias en suspensión para el agua residual urbana.

✧ Del tratamiento terciario se requiere sólo la filtración.

→ Filtración

Es el proceso mas efectivo para la remoción de sólidos y es el proceso que vino realmente a hacer posible el tratamiento avanzado.

La filtración es una operación unitaria de separación sólido – líquido en la cual el líquido pasa a través de un medio poroso para eliminar la mayor cantidad posible de sólidos suspendidos. En el campo de tratamiento de aguas residuales es utilizada para filtrar:

- 1) Efluentes secundarios no tratados
- 2) Efluentes secundarios tratados químicamente
- 3) Aguas residuales brutas tratadas químicamente

El objetivo de la filtración es producir un efluente de alta calidad con la menor cantidad posible de partículas en suspensión (concentraciones menores a 10 mgSS/l). La operación completa de filtración consta de dos fases: filtración y retrolavado de los filtros.

Los filtros se clasifican de acuerdo con:

1. El medio filtrante:
 - a) Filtros con medio simple. Estos contienen un sólo tipo de medio que generalmente es arena.
 - b) Filtros con medio dual. Generalmente antracita y arena,
 - c) Filtros multimedia. Por lo común utilizan tres tipos de medio: antracita, arena y granate.
2. La velocidad de filtración
 - a) Filtros lentos. Tasas de filtración entre 0.15 y 0.30 m³/m²-h
 - b) Filtros rápidos. Tasas de filtración entre 2 y 15 m³/m²-h
3. La fuerza de filtración
 - a) Por gravedad
 - b) A presión
4. La dirección de flujo
 - a) Filtración ascendente
 - b) Filtración descendente
5. El control del flujo
 - a) Filtración a tasa constante
 - b) Filtración a tasa variable (tasa declinante)

Los mecanismos de eliminación de las partículas en la filtración son los siguientes:

1. Tamizado. Las partículas más grandes que el tamaño del poro son retenidas mecánicamente
2. Sedimentación. las partículas decantan en el medio filtrante.

3. Impacto. Las partículas más pesadas no siguen la línea de flujo.
4. Intercepción. Muchas partículas contenidas en la corriente son retenidas cuando éstas se ponen en contacto con la superficie del medio de filtración.
5. Adhesión. Las partículas floculantes se pegan a la superficie del filtro.

Aplicaciones

Los filtros de medio simple son poco usados en tratamientos avanzados, generalmente se prefieren los filtros duales o multimedia debido a que se obtienen tasas de filtración más elevadas, ya que estos filtros tienen un mayor porcentaje de volumen de poros (porosidad) lo que implica una mayor retención de sólidos.

En general los filtros para el tratamiento de aguas residuales reciben partículas más grandes, pesadas y de tallas más variables que los filtros utilizados en potabilización. Por ello es recomendado llevar a cabo estudios piloto para determinar las mejores condiciones de operación de los mismos.

La filtración de aguas residuales es utilizada para eliminar los floculos de los efluentes secundarios antes de descargar las aguas, También se utiliza para eliminar los precipitados residuales de la precipitación con cal o sales de fosfatos. Puede considerarle como una operación de pretratamiento antes de que el agua residual tratada sea introducida a los filtros de carbón activado, antes de la radiación ultravioleta y antes de otros procesos.

En el caso de la reutilización del agua se requiere filtrar los efluentes antes de ser utilizados para los cultivos, el riego de áreas verdes y recreativas.

Las variables que controlan el proceso tienen que ver con las características del influente como son la concentración en sólidos suspendidos, la turbiedad, el tamaño de partícula y la fuerza del floculo.

Microtamices, consiste en un tambor que sobre un eje horizontal y que está cubierto con una tela generalmente de acero. El agua entra por un lado abierto del tambor y se filtra a través de la cubierta, siendo retenidos los sólidos dentro del cilindro, conforme el tambor rota los sólidos son transportados hacia arriba y se remueven constantemente mediante un chorro dado con

boquillas instaladas arriba y a lo largo del tambor callando los sólidos a un depósito, donde por gravedad son desalojados.

En el filtrado, ocuparemos un filtro con medio dual, el cual consistirá en arena y grava, ya que requerimos de realizar un proyecto de bajo costo, para que el ahorro sea sustancial y justifique el gasto.

En resumen el proceso de tratamiento para la recirculación que debemos seguir será.

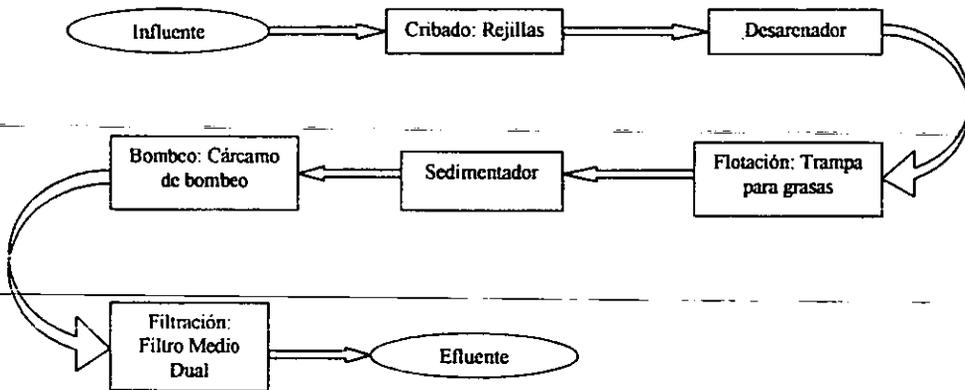


Figura 4.4 Arreglo del recirculador

▪ Diseño de las facilidades requeridas

- Introducción

El caso estudio es un autolavado, el cual se encuentra localizado en la ciudad de México, en la calle de Lourdes #28 colonia del Carmen Zacahuitzco, delegación Benito Juárez. En dicho autolavado, se presenta el problema de que el costo del agua residual tratada representa una gran parte de los costos generales de trabajo.

El siguiente proyecto a desarrollar, es una de las posibles soluciones para reducir dichos costos, no sólo para el beneficio de este establecimiento en particular, sino el poder mediante un sistema simple de tratamiento para su recirculación ofrecer a todos los demás usuarios, que utilizan agua residual o hasta agua potable y que tengan posibilidad de captarla, un costo

más accesible o en su caso el dejar de utilizar agua potable para actividades que no requieren esa calidad de agua.

Con el presente trabajo se busca promover el reuso del agua a un precio más económico, ya que este es uno de los principales factores que afectan la demanda de agua residual tratada o de segundo uso y así poder liberar una cantidad considerable de agua potable para usos primordiales.

⊕ Diseño Sanitario

◇ Gastos de diseño.

Los gastos de diseño serán:

Para las rejillas, desarenador y eliminación de grasas, será el causado por la lluvia, ya que el agua utilizada al mes es aproximadamente 30 m^3 , es decir 1 m^3 de agua diario, con el factor de seguridad será de 3 m^3 diarios entre 12 horas de funcionamiento tenemos un gasto máximo de $0.25 \text{ m}^3/\text{hora}$, lo que apenas daría 0.0695 l/s . Por lo que consideramos conveniente el revisar el gasto de la precipitación máxima presentada.

Cálculo del gasto por precipitación:

Utilizando el método racional americano:

$$Q = CIA \text{ [l/hr/m}^2\text{]}$$

Donde:

C: coeficiente de escurrimiento, en este caso será de 0.95 por tratarse de concreto hidráulico. [adimensional]

I: intensidad de la lluvia en milímetros por hora, en este caso utilizaremos $i = 150 \text{ mm/hr}$. Como factor de seguridad

A: área drenada, en este caso $A = 414.675 \text{ m}^2$.

Para obtener el gasto en metros cúbicos por segundo tenemos:

$$Q = C(1\text{hr}/3600\text{seg})(1\text{mm}/\text{hr})(1\text{m}/1000\text{mm})(A\text{m}^2) = Q \text{ [m}^3/\text{seg]}$$

Entonces nos queda:

$$Q = 2.778 \times 10^{-7} (C)(I)(A) \text{ [m}^3/\text{seg]}$$

$$Q = 2.778 \times 10^{-7} (0.95)(150)(414.675)$$

$$Q = 16.42 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = 16.42 \text{ l}/\text{seg.}$$

✧ Rejillas.

Las rejillas existentes, que se encuentran a todo lo largo de las canaletas de recolección de agua resultan adecuadas para resolver el problema de cribado, ya que tienen una abertura de 4 cm. en promedio entre cada una. Ver Croquis del autolavado para detalle.

✧ Tubería de alimentación

Esta tubería alimenta el sedimentador y proviene de la recolección de las canaletas

De la referencia [2 capítulo 7], se tiene que para una pendiente del 2%, a tubo lleno, y un diámetro de 6 pulgadas, la capacidad de la tubería de cemento ordinario, la capacidad en l.p.s. es de 17.7 l.p.s. lo que resulta satisfactorio para resolver el problema, ya que el cemento ordinario es más rugoso que cualquier otro material a emplear, como pueden ser fibrocemento, o tubería de P.V.C.

✧ Desarenador

Ya que el gasto que se presenta en la manera normal de operación es muy pequeño, utilizaremos el gasto generado por la lluvia para este diseño, lo cual a su vez nos da un cierto

rango de seguridad, pero se presenta lo mismo, el gasto resulta muy pequeño por lo que se optará mejor por proponer un diseño arbitrario y revisarlo con las condiciones mínimas encontradas.

$Q = 16.42 \text{ lt/seg.}$

Tipo de limpieza: Manual.

La carga superficial se considerará como el triple de la carga presentada por una agua residual doméstica para efectos de mayor seguridad, y aún así las dimensiones obtenidas del análisis resultarán muy pequeñas, por lo que el criterio de sólo revisión del modelo propuesto resulta satisfactorio.

Carga superficial $C_s = 0.080 \text{ m}^3/\text{s.m}^2$,

Tamaño de las partículas a eliminar 0.20 mm. y mayores.

Según Fair, la velocidad de sedimentación de las partículas de 0.20mm es:

$V_s = 2.54 \text{ cm/seg.}$

La gravedad específica de las partículas es de: 2.65

El número de Reynolds se encuentra entre los valores de $1 < R < 10$

1. Área horizontal del canal desarenador:

$$A_h = Q_m / C_s = [(16.42 \text{ lt/s})(1\text{m}^3/1000 \text{ lt.}) / (0.080 \text{ m}^3/\text{s.m}^2)]$$

$$A_h = 0.274 \text{ m}^2$$

2. Longitud del canal suponiendo un ancho de 0.6 m.

$$L = A_h / b = 0.274 \text{ m}^2 / 0.6 \text{ m}$$

$$L = 0.457 \text{ m.}$$

3. Área transversal del canal

Cuando el canal esté vacío, la velocidad del flujo deberá ser de 0.3 m/s, y cuando se encuentre lleno, deberá ser de 0.35 m/s, ya que la velocidad de arrastre de las partículas de arena es de 0.6 m/s

Cuando el canal no tiene arena en área transversal del canal será (A_{tv}):

$$A_{tv} = Q / V_{hv} = (0.01642 \text{ m}^3/\text{s}) / (0.30 \text{ m/s}) =$$
$$A_{tv} = 0.0547 \text{ m}^2$$

Q= gasto

V_{hv} = velocidad cuando el canal esté vacío

Cuando el canal esté lleno de arena, el área transversal será (A_{tl}):

$$A_{tl} = Q / V_{hl} = (0.0162 \text{ m}^3/\text{s}) / (0.35 \text{ m/s}) =$$
$$A_{tl} = 0.0463 \text{ m}^2$$

Q= gasto

V_{hl} = velocidad cuando el canal esté lleno

4. Tirantes del canal.

Si el canal no tiene arena, el tirante será ($h_{s.a.}$):

$$h_{s.a.} = A_{tv} / \text{ancho} = 0.0547 \text{ m}^2 / 0.6 \text{ m} =$$
$$h_{s.a.} = 0.0912 \text{ m.} = 9.12 \text{ cm}$$

Si el canal tiene arena, el tirante será ($h_{c.a.}$):

$$h_{c.a.} = A_{tl} / \text{ancho} = 0.0463 \text{ m}^2 / 0.6 \text{ m} =$$
$$h_{c.a.} = 0.0772 \text{ m} = 7.72 \text{ cm.}$$

La diferencia de tirantes es de: $9.12 \text{ cm} - 7.72 \text{ cm} = 1.4 \text{ cm.}$

5. Volumen para el depósito de arena.

El volumen para el depósito de arena será el producto de la diferencia de los tirantes por el ancho del canal, y por la longitud del canal

$$\text{Vol} = Dh \times b \times L = (0.014 \text{ m})(0.6\text{m})(0.457\text{m})=$$

$$\text{Vol} = 3.84 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{Vol} = 3.84 \text{ lt.}$$

Como se puede apreciar este volumen resultaría poco práctico, ya que se requeriría estar limpiando casi a diario como se verá a continuación.

6. Si un agua residual en promedio acarrea aproximadamente 0.2 m³ por semana de material retirable por medio del desarenador, el tiempo para que este se llenara sería de:

Donde:

Mat. Ac.: material acarreado.

$$T = \text{Vol} / \text{Mat. Ac.} = (3.84 \times 10^{-3} \text{ m}^3) / (0.2 \text{ m}^3 / \text{semana})$$

$$T = 0.0192 \text{ semanas}$$

$$T = 3 \text{ horas, } 13 \text{ minutos.}$$

Por lo tanto se propone el desarenador cuyas medidas son: longitud L= 3.0 m, ancho b= 0.6 m, altura para almacenamiento de material = 0.2 m. Ver Croquis.

Entonces, el volumen y el tiempo de llenado será:

$$\text{Vol} = Dh \times b \times L = (0.2 \text{ m})(0.6\text{m})(3\text{m})=$$

$$\text{Vol} = 0.36 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol} = 360 \text{ lt.}$$

$$T = \text{Vol} / \text{Mat. Ac.} = (0.36 \text{ m}^3) / (0.2 \text{ m}^3 / \text{semana})$$

$$T = 1.8 \text{ semanas}$$

$$T = 1 \text{ semana, } 5 \text{ días}$$

Se propondrá que el tiempo de limpieza no exceda de una semana.

◇ Trampa para grasas

Debido a que en un autolavado resulta muy poca la generación de grasas, por que la principal causa es el posible goteo de aceite del motor del automóvil, y ese goteo representa una cantidad muy pequeña, la cantidad de grasas y aceites generados es muy poco, el sedimentador modificado con ciertas características servirá para dicho efecto. Ver croquis del sedimentador, trampa para grasas y cárcamo de bombeo

◇ Sedimentador

Se colocará un sedimentador "rectangular", el cual será diseñado para la eliminación de cieno, con medidas de planta de 2 x 2m, una profundidad total de 1m, con un bordo libre de 25 cm; contará con su respectiva tubería de rebosamiento de 6" que irá directamente conectada al drenaje. Ver croquis del sedimentador.

$$\text{Vol} = 2 \times 2 \times 0.75 = 3.0 \text{ m}^3$$

$$\text{Vel Horiz} = Q / \text{Vol} = (16.42 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}) / (3.0 \text{ m}^3)$$

$$\text{Vel Horiz} = 5.47 \times 10^{-3} \text{ m/s.}$$

$$\text{Vel Horiz} = 0.547 \text{ cm /s.}$$

El tiempo de retención hidráulica será calculado con el gasto de un día normal de operación con el factor de seguridad ya mencionado, ya que cuando llueve el agua que entra al sistema no necesitará sedimentarse de manera prolongada debido a la naturaleza del agua precipitada.

$$t = \text{Vol} / Q = (3 \text{ m}^3) / (3 \text{ m}^3/\text{día}) =$$

$$t = 1 \text{ día}$$

lo que satisface el tiempo de sedimentación del cieno.

◇ Filtro

El filtro es de medio dual, de grava, arena, no será más que un tanque de 1500 litros adaptado para funcionar como tal, el cual se colocará a una cota elevada para que por gravedad el agua sea distribuida de regreso a las piletas. Ver los croquis del filtro y autolavado.

◇ Diseño Hidráulico.

En este apartado se diseñará el cárcamo de bombeo, así como la selección de la bomba adecuada para la impulsión de el agua al filtro, así como el almacenamiento.

◇ Cárcamo de bombeo

Se diseñará para un día normal de funcionamiento, más un factor de seguridad para días de mayor demanda, y otro más para la lluvia, es decir 1m^3 al día más 1m^3 para mayor demanda, y 1m^3 para el gasto presentado por lluvias.

Se propondrá una sección de 2 m por 2m, con una profundidad efectiva de 0.75 m, también cuenta con su respectiva tubería de rebosamiento para lluvias, que irá directamente conectada al drenaje. Ver croquis del sedimentador, trampa para grasas y cárcamo de bombeo.

◇ Bombeo

La potencia requerida por la bomba será:

$$H_p = (\gamma Q H) / (76 h)$$

Donde:

γ = peso específico en $[T/m^3]$; para el agua residual = $1.25 T/m^3$

Q = gasto en $[m^3/seg]$

H = carga total [m]

h = eficiencia [adimensional] aprox = 70%

La altura total, se compone de $H =$ altura estática + pérdidas + carga de velocidad + carga de presión.

Se diseñara para un gasto de 1 l.p.s

$$H = h_e + h_p + h_v + h_{pv}$$

$$h_e = 4.0 \text{ m.}$$

$$h_p = k L Q^2 \times 10^{-2} \text{ . para una tubería de cobre tipo m de } \frac{3}{4}''$$

$$k = 85; L = 3.5 \text{ m.};$$

$$h_p = (85) (3.5) (1 \text{ l.p.s}) \times 10^{-2}; h_p = 2.8 \text{ m.}$$

$$h_v = V^2 / 2g ;$$

$$V = Q/A = (0.001 \text{ m}^3/\text{s}) / (\pi (0.019)^2) / 4 = 3.53 \text{ m/s.}$$

$$h_v = 0.634 \text{ m.}$$

$$h_{pv} = \text{presión absoluta del vapor de agua, en metros, para } 15^\circ \text{ C} = 0.2 \text{ m}$$

$$H = 4.0 + 2.8 + 0.634 + 0.2 = 7.63 \text{ m.}$$

Por lo tanto, la potencia requerida es:

$$H_p = [(1.25)(1)(7.63)] / [(76)(0.7)]$$

$$H_p = 0.18 \text{ Hp}$$

$$H_p = 0.133 \text{ KWH}$$

Por lo tanto se seleccionara una bomba centrífuga "Bonasa" No 1460 de $\frac{1}{4}$ de caballo de fuerza = 0.19 KWH.

$$\text{La carga de la bomba será } H = H_p 76 \text{ h} / g Q \quad H = 10.64 \text{ m.}$$

◇ Almacenamiento

Para el almacenamiento, se cuenta con dos secciones de piletas, ambas con 1.1 metros de ancho, con un tirante promedio de 1.3 m, una de 15.44m y otra de 26.94m, (como se puede apreciar en la sección de croquis y anexos) con capacidades de 22.08m³ la pileta norte y 38.5m³ la pileta sur.

◇ Análisis Costo – Beneficio

Se deberá conocer el costo de la obra en su totalidad y el costo de operación del dispositivo, comparándolo con el pago del agua residual de la red.

◇ Costo de la obra

El costo de la obra se hizo con un desglosado de conceptos, en los cuales, la mano de obra se tomó por destajo, el costo del material se obtuvo del Catálogo Nacional de Costos Prisma de enero de 1998, con su respectivo ajuste por causa de la inflación. Ver cuadro 4.10.

◇ Costo de operación

El único proceso que podría tener costo de operación es el de bombeo, ya que este se debe realizar diario.

Costo de bombeo:

La bomba utiliza ¼ de caballo de potencia lo que equivale a 0.19 KWH.

El periodo de funcionamiento diario es de

$$T = \text{Vol} / Q = 3 \text{ m}^3 / 0.001 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$T = 3000 \text{ segundos}$$

$$T = 0.8333 \text{ horas}$$

Por tanto, si el costo de 1 KWH es aproximadamente de 1.29 \$/KWH en tarifa comercial

El costo diario sería de 1.08 pesos, lo que al mes resulta: 32.4 pesos.

◇ Costos de mantenimiento

Debido a que el diseño de la obra permite que la limpieza se realice cada semana en el caso del desarenador, cada dos semanas en el caso de el sedimentador, cada dos meses en el filtro y cárcamo, el mantenimiento puede ser dado por uno de los empleados del mismo autolavado por el pago equivalente de lo que va a realizar con respecto a su trabajo, por lo que el costo quedaría de la siguiente forma.

Elemento	Frecuencia de Limpieza	Costo Mensual
Desarenador	Semanal	20
Trampa para grasas	Mensual	5
Sedimentador	Quincenal	10
Cárcamo	Bimestral	20
Filtro	Bimestral	20
		75 pesos mensuales

Cuadro 4.9. Costos de mantenimiento del reciclador.

◇ Costo del agua residual

Como ya se mencionó el costo del agua residual recibida de la red de distribución es aproximadamente de 13 a 15 pesos por metro cúbico, tarifas que se ajustan con un 3 al 7% anual según la inflación.

y de 30 a 50 pesos por metro cúbico si es surtida por medio de carros – tanque pipas.

◇ Análisis financiero.

Se nos presenta el análisis de qué hacer, es decir debemos construir dicha planta de reciclaje, nos conviene o no, y si nos conviene, cómo deberemos pagarla, debemos pedir prestado al banco o no.

Con los costos anteriores tenemos cuatro posibles alternativas:

- A. Teniendo acceso a la red de distribución, construir pagando al contado.
- B. Teniendo acceso a la red de distribución, construir pidiendo un préstamo.
- C. Sin acceso a la red de distribución, construir pagando al contado.
- D. Sin acceso a la red de distribución, construir pidiendo un préstamo.

En todos los casos el horizonte económico será de tres años.

Se considerará un costo de oportunidad de capital del 25% anual, una tasa de interés de 18% anual.

Del análisis financiero podemos concluir que las razones financieras se imponen a las técnicas, por que por muy bueno que resultara la implantación de este sistema de recirculación, como podemos apreciar en el cuadro 4.11 que es el análisis financiero para la alternativa A que corresponde al pago al contado de la obra contando con distribución por medio de la red de agua residual tratada del Distrito Federal, ahora bien, la diferencia entre ambos costos es de \$4074.46, cabe mencionar que en el análisis financiero no sólo se tomó el costo de la obra, sino también el costo de operación y mantenimiento de la misma. Este sobreprecio podría resultar atractivo para aquellos establecimientos que utilizan más de 40 m³ de agua residual tratada al mes, ya que en este caso el costo de seguir pagando el agua residual tratada resulta más que el costo de la obra, o bien para aquellos establecimientos que se encuentran en partes de la red de agua tratada donde se tiene poca presión, o donde se presentan muchas fugas.

La alternativa B cuadro 4.12 que corresponde a el pago de la obra a crédito, contando con la distribución directa de la red de agua residual tratada, resulta aún más desalentadora, ya que el resultado de lo que terminamos pagando es mayor de lo que resulta si seguimos utilizando agua residual tratada directa de la red de distribución, con las excepciones arriba mencionadas, en donde conviene si se utilizan más de 50m³ al mes.

Donde se presentan mejores alternativas es en el caso C y D que corresponden al pago de la obra a contado y a crédito respectivamente, es decir cuando se cuenta sólo con la distribución por medio de carros – tanque, pipas, ya que su costo por metro cúbico se ve incrementado de manera muy sustancial por el flete que hay que pagar por el transporte del agua, en el caso de pagar a obra al contado el ahorro es de \$32372.41 aproximadamente en los tres años del horizonte económico y en el caso más real, es decir el caso del pago a crédito, el ahorro es de \$29079.88 en los mismos tres años.

Estas razones financieras permiten enfocar la implantación de este sistema de recirculación a una sección del mercado de las aguas residuales específico: el de los establecimientos comerciales en donde no se cuenta con el paso de la red de distribución de agua residual, o bien si no se cuenta con conexión aún existiendo la red en la zona, ya que en comparación con el precio de conexión a dicha red, el precio de este sistema de recirculación sería atractivo, debido a que según la distancia de conexión, los pagos por derecho de ésta varían de \$5000 a \$75000 pesos, dependiendo también de la zona.

Problemas y Perspectivas del Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales en el Distrito Federal

Cuadro 4.10. Ensamblado de Costos por Construcción

N°	Concepto	Uni.	Cant	Precio Unitario			Importes		
				Mat.	M.O.	Total	Mat.	M.O.	Total
1	Trazo y nivel de terreno para desplante de estruct menor	m²	590.26	0.22	0.88	1.1	129.86	519.43	649.29
2	Demolición de concreto simple, pisos	m³	3.5	2.49	62.32	64.81	8.715	218.12	226.84
3	Excavación de terreno seco, tipo I zona c	m³	20.14	1.34	33.66	35	26.988	677.91	704.9
4	Piso para arreglos concreto hecho en obra, 100 h=0.2m. pulido	m²	1.96	93.86	23.2	117.06	183.97	45.472	229.44
5	Muros para arreglo								
>	Desarenador mortero hidr c - a 1:4 de 7 cm de espesor barro recocido	m²	3.63	21.38	13.92	35.28	77.537	50.53	128.07
*	Aplanado en muros desarenador con liana metálica cemento arena 1:2	m²	3.63	20.28	20.9	41.18	73.544	75.867	149.41
>	Sedimentador y cárcamo mort. hidr. 1:4 de 14cm de esp. barro recocido	m²	21	44.98	20.9	65.88	944.58	438.9	1383.5
*	Aplanado en muros Sed/Cárcamo con liana metálica cemento arena 1:2	m²	21	20.28	20.9	41.18	425.46	438.9	864.36
6	Bomba	pza.	1			400			400
7	Tanque tipo rotoplás de 2a	pza.	1			500			500
8	Tuberías								
>	Instalación de tubo P.V.C. de 6"	m	25	35	6.5	43.5	875	212.5	1087.5
>	Inst codos de P.V.C. de 6"	pza.	7	45	1.87	46.87	315	13.09	328.09
>	Inst. tees de P.V.C. de 6"	pza.	2	75	2.05	77.05	150	4.1	154.1
>	Instalación de tubería de 1" succión de la bomba cobre tipo m	m	2	35	11.5	46.5	70	23	93
>	Instalación de 2 codos de 1" de cobre	pza.	2	12	1.98	13.98	24	3.96	27.96
>	Pichancho	pza.	1	55	2.17	57.17	55	2.17	57.17
>	Instalación de tubería de 3/4" de descarga de la bomba 4m.	m	4	23.7	9.84	33.54	94.8	39.36	134.16
>	Instalación de 4 codos de 3/4" de cobre	pza.	4	4	1.67	5.67	16	6.68	22.68
9	Aceros								
>	Rejilla acero Irving tablero de 1X6m solera para piso	m²	12	213.49	1.75	215.24	2561.9	21	2582.9
10	Acabados								
>	Relleno y compactación	m³	15.82	2.49	11.22	13.71	39.392	177.5	216.89
>	Piso de concreto hecho en obra 100 h=0.2m. pulido	m²	3.54	93.86	23.2	117.06	332.26	82.128	414.39
Total costo directo							10355		
Factor de indirectos y utilidad							1.28	13254	
Actualización al precios del 2000							15905		

Cuadro 4.11 Alternativa A Análisis Trimestral							
COK% anual 25				Tasa de Interés anual% 18			
				Ajuste de tarifa% anual 15			
Periodo	Pago Capital	Pago Agua	Ajuste	Importe	Fact. Act.	P.C.A	P.A.A.
0	15905	1215	1	1215	1	15905	1215
1	303.247059	1215	1.0375	1260.5625	0.94117647	285.408997	1186.41176
2	285.408997	1215	1.07640625	1307.83359	0.88581315	252.819042	1158.49619
3	268.620232	1215	1.11677148	1356.87735	0.83370849	223.950432	1131.23746
4	252.819042	1215	1.15865042	1407.76025	0.78466493	198.378237	1104.62011
5	237.947334	1215	1.20209981	1460.55126	0.73850817	175.728051	1078.62905
6	223.950432	1215	1.24717855	1515.32194	0.69506652	155.660446	1053.24954
7	210.776877	1215	1.29394774	1572.14651	0.65418025	137.88607	1028.4672
8	198.378237	1215	1.34247078	1631.102	0.61569906	122.141294	1004.26797
9	186.708929	1215	1.39281344	1692.26833	0.57948147	108.194364	980.638135
10	175.728051	1215	1.44504394	1755.72839	0.54539432	95.8399904	957.564298
11	165.389224	1215	1.49923309	1821.5682	0.5133123	84.8963237	935.033372
12	155.660446	1215	1.55545433	1889.87701	0.48311746	75.2022798	913.032586
Total=						17621.1035	13746.6477

Costo del Proyecto: 17621.1035
 Costo de seguir pagando el ART: 13746.6477

COK% anual		Tasa de Interés anual%		Ajuste de tarifa% anual				
25		18		15				
Cuadro 4.12 Alternativa B Análisis Trimestral								
Periodo	Saldo Prest.	Pago Agua	Ajuste	Importe	Fact. Act.	Pago Prest.	Operación	P.A.A.
0	15905	1215	1	1215	1	0	0	1215
1	16620.725	1215	1.0375	1260.5625	0.94117647	2500	303.247059	1186.41176
2	14756.1576	1215	1.07640625	1307.83359	0.88581315	2500	285.408997	1158.49619
3	12807.6847	1215	1.11677148	1356.87735	0.83370649	2500	268.620232	1131.23746
4	10771.5305	1215	1.15865042	1407.76025	0.78466493	2500	252.819042	1104.62011
5	8643.7494	1215	1.20209981	1460.55126	0.73850817	2500	237.947334	1078.62905
6	6420.21813	1215	1.24717855	1515.32194	0.69506652	2500	223.850432	1053.24854
7	4096.62794	1215	1.29394774	1572.14851	0.65418025	2500	210.776877	1028.4672
8	1608.4762	1215	1.34247078	1631.102	0.61569906	1669	198.378237	1004.26797
9	0	1215	1.39281344	1692.26833	0.57948147	0	186.708929	980.638135
10	0	1215	1.44504394	1755.72839	0.54539432	0	175.726051	957.564296
11	0	1215	1.49923309	1821.5682	0.5133123	0	165.389224	935.03372
12	0	1215	1.55545433	1889.87701	0.48311746	0	155.660446	913.032586
Total=						19169	2664.63286	13746.6477

21833.6329
13746.6477

Costo del Proyecto:
Costo de seguir pagando el ART:

Cuadro 4.13 Alternativa C Análisis Trimestral							
COK% anual 25				Tasa de Interés anual% 18			
				Ajuste de tarifa% anual 15			
Periodo	Pago Capital	Pago Agua	Ajuste	Importe	Fact. Act.	P.C.A	P.A.A.
0	15905	4500	1	4500	1	15905	4500
1	303.247059	4500	1.0375	4668.75	0.94117647	285.408997	4394.11765
2	285.408997	4500	1.07640625	4843.82813	0.88581315	252.819042	4290.72664
3	268.620232	4500	1.1677148	5025.47168	0.83370849	223.950432	4189.76837
4	252.819042	4500	1.2685042	5213.92687	0.78466493	198.378237	4091.18558
5	237.947334	4500	1.3809981	5409.44913	0.73850817	175.726051	3994.92239
6	223.950432	4500	1.50717855	5612.30347	0.69506652	155.660446	3900.92422
7	210.778877	4500	1.64994774	5822.76485	0.65418025	137.88607	3809.13777
8	198.378237	4500	1.81247078	6041.11853	0.61569906	122.141294	3719.511
9	186.708929	4500	1.99281344	6267.66047	0.57948147	108.194364	3631.99309
10	175.726051	4500	2.19504394	6502.69774	0.54539432	95.8399904	3546.53443
11	165.389224	4500	2.419923309	6746.54891	0.5133123	84.8963237	3463.08656
12	155.660446	4500	2.665545433	6999.54449	0.48311746	75.2022798	3381.60217
Total=						17821.1035	50913.5099

Costo del Proyecto: 17821.1035
 Costo de seguir pagando el ART: 50913.5099

Cuadro 4.14 Alternativa D Análisis Trimestral

COK% anual		25		Tasa de Interés anual%		18		
				Ajuste de tarifa% anual		15		
Periodo	Saldo Prest.	Pago Agua	Ajuste	Importe	Fact. Act.	Pago Prest.	Operación	P.A.A.
0	15905	4500	1	4500	1	0	0	4500
1	18820.725	4500	1.0375	4868.75	0.94117847	2500	303.247059	4394.11765
2	14756.1576	4500	1.07840825	4843.82813	0.88581315	2500	285.408997	4290.72664
3	12807.6847	4500	1.11877148	5025.47188	0.83370849	2500	268.620232	4189.76837
4	10771.5305	4500	1.15885042	5213.92687	0.78468493	2500	252.819042	4091.18558
5	8643.7494	4500	1.20209981	5409.44913	0.73850817	2500	237.947334	3994.92239
6	6420.21813	4500	1.24717855	5612.30347	0.69506652	2500	223.950432	3900.92422
7	4096.62794	4500	1.29394774	5822.76485	0.65418025	2500	210.776877	3809.13777
8	1888.4762	4500	1.34247078	6041.11853	0.61569908	1669	198.378237	3719.511
9	0	4500	1.39281344	6267.86047	0.57948147	0	186.708929	3631.99309
10	0	4500	1.44504394	6502.89774	0.54539432	0	175.726051	3546.53443
11	0	4500	1.49923309	6746.54891	0.5133123	0	165.389224	3463.08656
12	0	4500	1.55545433	6999.54449	0.48311746	0	155.660446	3381.60217
Total=						19189	2664.63288	50913.5099

Costo del Proyecto: 21833.6329
 Costo de seguir pagando el ART: 50913.5099

Capítulo V) Conclusiones

V) Conclusiones.

Resulta curioso, que los problemas que se tienen con el agua residual tratada en el Distrito Federal, se traten en su mayoría de todo menos problemas directos del agua, claro, se tiene por ejemplo el problema de la falta de fuentes de abastecimiento, así como que el agua que utilizamos, la usamos mal, la desperdiciamos y la contaminamos de manera severa, que son problemas que tienen que ver directamente con el agua, pero también tenemos problemas en cuanto a la normatividad que se tiene en materia de agua potable y agua residual tratada, como el de que no se ha regulado de manera suficientemente rigurosa en cuanto a las sanciones que deben imponerse a quienes utilicen agua potable para actividades inapropiadas. O bien el establecimiento de programas de vigilancia e inspección de las industrias o establecimientos para que cumplan con la regulación existente.

En otro aspecto hemos visto que el problema que se presenta al tratar el agua residual, no sólo refiere al tratamiento, sino a la distribución, resultando lo más importante de todo el proceso debido al incremento en el costo del agua tratada que significa el transporte mediante camiones, lo que nos hace obligatoriamente referirnos a la red de distribución de agua residual tratada, la cual no cubre en su totalidad el Distrito Federal debido a la inversión que esto representaría y claro, si muchas veces el propio gobierno no cuenta con los recursos materiales y humanos para tener en buen funcionamiento la red de distribución de agua potable, rara vez va a preocuparse por mantener y mucho menos aumentar la de distribución de agua residual tratada. Uno de los aciertos que se ha tenido en el caso de el tratamiento de aguas residuales es el de concesionar algunas plantas de tratamiento, permitiendo el liberar a la DGCOH de parte de la responsabilidad que significa el tratamiento de aguas residuales en el D.F.

Como hemos visto, todo este asunto de el agua residual, nos sumerge en un ambiente diferente y al cual día con día deberemos habituarnos, el cual es el del pago real del costo del agua, claro en este caso no tenemos la esencia verdadera debido a que se trata del agua tratada y más bien hasta menospreciamos lo que se hace para poder disfrutar de este servicio, el cual con la actualidad ha incrementado su importancia en todo asentamiento humano. Este precio del agua tratada ha hecho que sea poco atractiva como alternativa de uso, ya que como se mencionó, se prefiere hacer el uso a veces clandestino —sobre todo por las industrias y comercios— de agua potable, al no existir un programa de inspección por parte de las

autoridades del Gobierno del Distrito Federal, las cuales rara vez están enteradas de tan siquiera cuántos establecimientos cuentan con distribución de agua residual tratada y de que manera se distribuye.

Esto nos liga a que otro de los aspectos importantes que se tienen en tratamiento del agua residual se encuentra necesariamente el del agua potable, ya que se debe modificar el cobro del agua potable como alternativa para motivar el consumo de agua tratada por parte de usuarios que sería susceptibles de hacerlo pero no lo llevan a cabo por que el aliciente para seguir utilizando agua potable es demasiado ya que un m³ de agua potable es en algunas zonas hasta 13 veces mas barato que el de un m³ de agua residual tratada, por tanto seguirán utilizando agua potable aunque la ley no lo permita. Como ya se vio, el pago del agua potable a un precio más aproximado al real, beneficiaría para tratar de sacar del "estancamiento" que se está presentando en cuanto a tratamiento, y esto no es el construir más plantas de tratamiento, si no el de la promoción del uso de agua residual tratada, por que parece mentira, pero el los cultivos localizados en campos en las cercanías del valle de México, los agricultores riegan con agua residual cruda, mientras que en la Ciudad de México las plantas de tratamiento, no están operando a su capacidad instalada y sobre todo el agua que tratan tiene poca demanda, es decir generan más agua tratada de la que se utiliza.

El pago del agua potable a su precio más aproximado al real, debe servir para hacer más grande las redes de distribución, y a su vez promover redes de distribución a los lugares que nos ceden el agua potable para la Ciudad de México, lugares en donde no tienen otra alternativa más que la de regar los cultivos con agua residual cruda, con el peligro que esto genera a su vez, ya que estos alimentos muchas veces son distribuidos en la Ciudad de México.

Por otra parte los recursos generados por el pago del agua potable podrían aprovecharse para generar un subsidio a los sistemas de tratamiento y distribución, haciendo el costo del agua residual tratada más atractivo a todo tipo de consumidor, también el mejoramiento de los procesos en las plantas para que el usuario potencial no presente prejuicios en cuanto a la calidad del agua residual tratada.

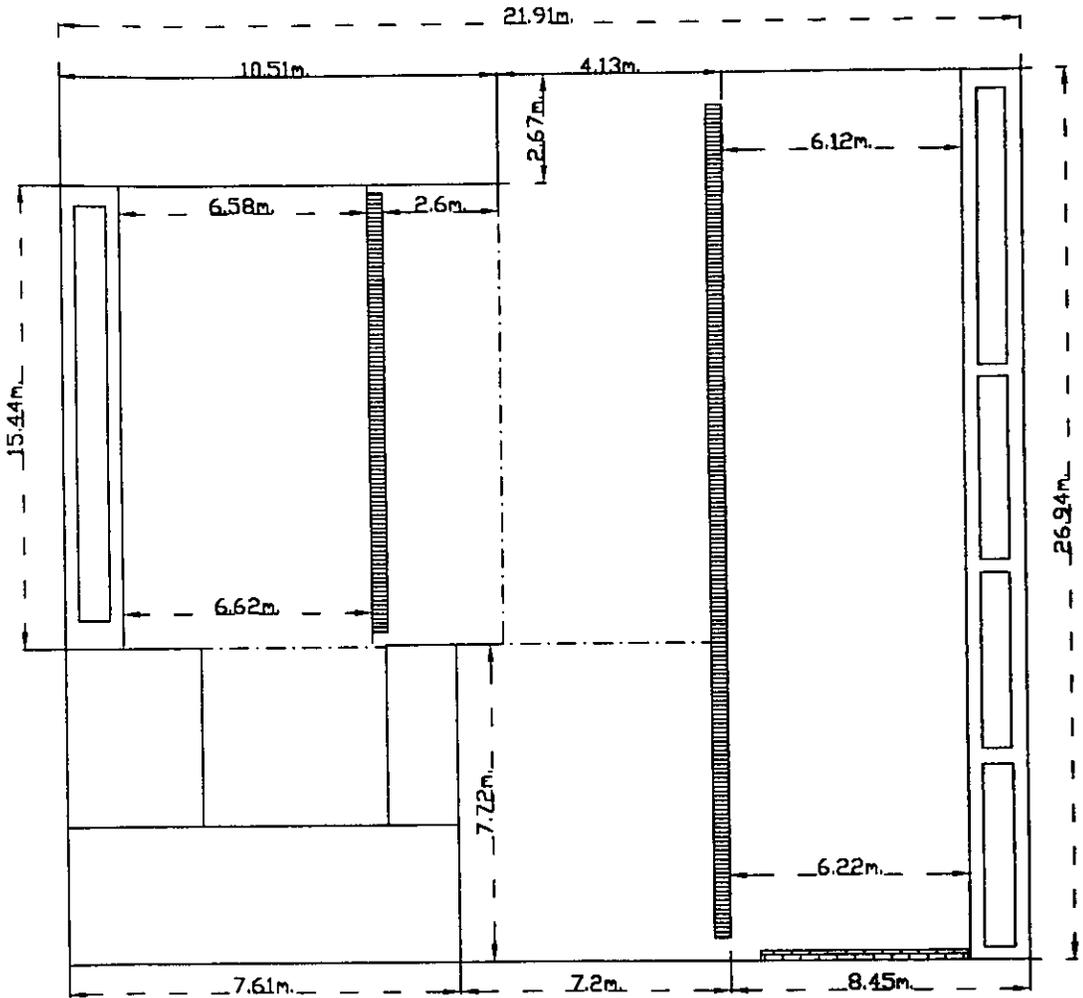
Si seguimos con las tendencias de explotación actual de los mantos acuíferos, cada vez se acerca más el día en que el agua potable va a escasear, pero esto puede ser revertido, si con acciones provocamos un equilibrio entre el uso del agua residual y el agua tratada, ya que sólo del 15 al 20 % del agua potable surtida a una vivienda debe tener calidad potable y toda la demás se utiliza para excusados, lavado de ropa, riego de jardines, lavado de patios, entre otros usos que no requieren de calidad potable.

Del análisis financiero, lo que resulta más conveniente, no es el construir una planta de recirculación, sino el de tomar el agua directamente de la red de distribución, siempre y cuando la distancia de conexión no resulte excesiva, lo que requiere que por parte del gobierno, se extienda más la red de distribución de agua tratada, para que los hogares puedan contar con este servicio.

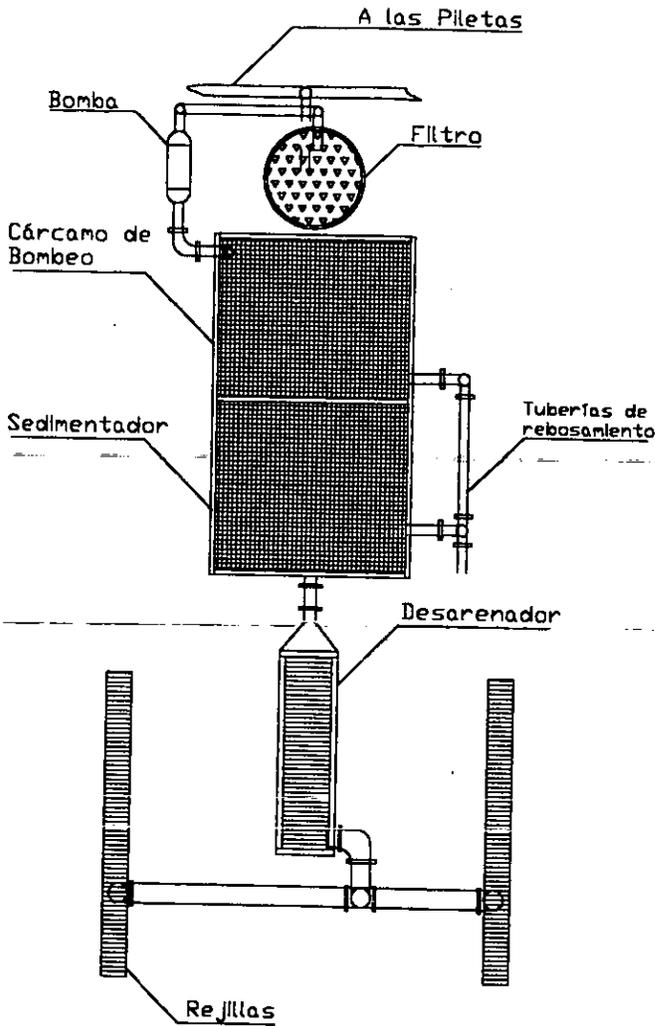
En la medida que se incremente el uso de agua tratada, resultará más evidente la lucha contra la polución en las cuencas contaminadas, ya que como pudimos constatar la capacidad de tratamiento instalada en las plantas dista mucho de igualar la cantidad de agua residual generada en el Valle de México, esto sin mencionar que a su vez la capacidad en operación es apenas del 60% de la instalada.

Como hemos visto en todo este apartado, la parte medular de el problema del agua tratada en el Distrito Federal, no es el proceso de tratamiento, ni las leyes que lo regulan, sino su precio en comparación con el agua potable, se cree que el agua residual, es agua de "segunda", no siéndolo, ya que su mal olor y su aspecto a veces repugnante hacen que sea catalogada de dicha manera, y como en todo, no existe una solución rápida y barata, debemos seguir pagando por el agua, pero deberá hacerse un programa de transferencia de precios paralelo a uno de distribución de agua residual, para transferir el precio que se paga por el agua residual al agua potable, surtiendo a su vez de agua tratada a los usuarios que lo soliciten y apoyando la conversión de diferentes procesos para que utilicen agua residual, de manera tal que poco a poco el uso de agua residual tratada por todos los habitantes del Distrito Federal sea algo cotidiano en el futuro.

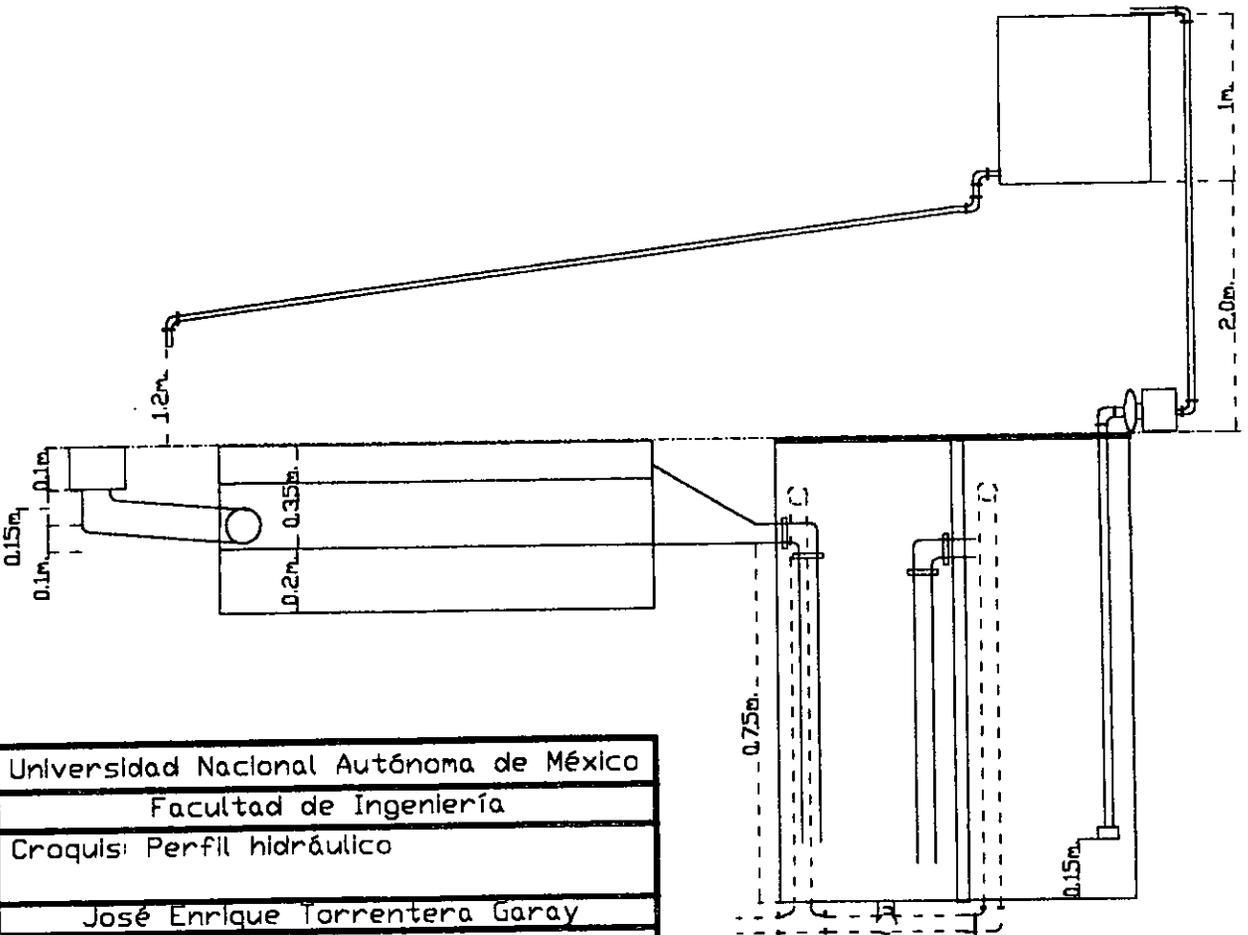
Capítulo VI) Anexos y Croquis



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
Croquis: Croquis del Autolavado
José Enrique Torrentera Garay
Escala: Sin escala Fecha: XIII - 2000



Universidad Nacional Autónoma de México	
Facultad de Ingeniería	
Croquis: Arreglo propuesto para el proceso de reciclamiento	
José Enrique Torrentera Garay	
Escala: Sin escala	Fecha: XIII - 2000



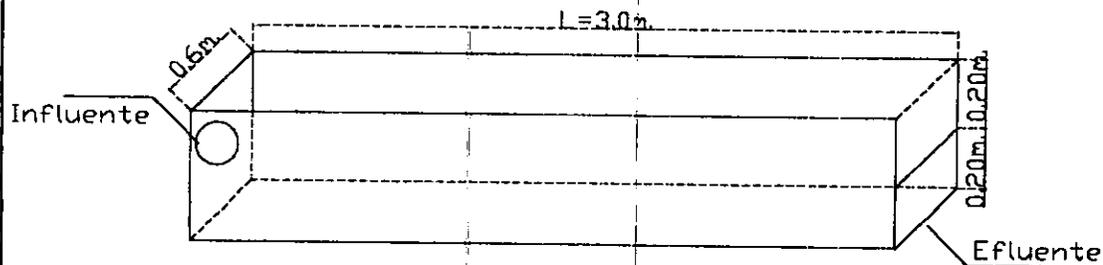
Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

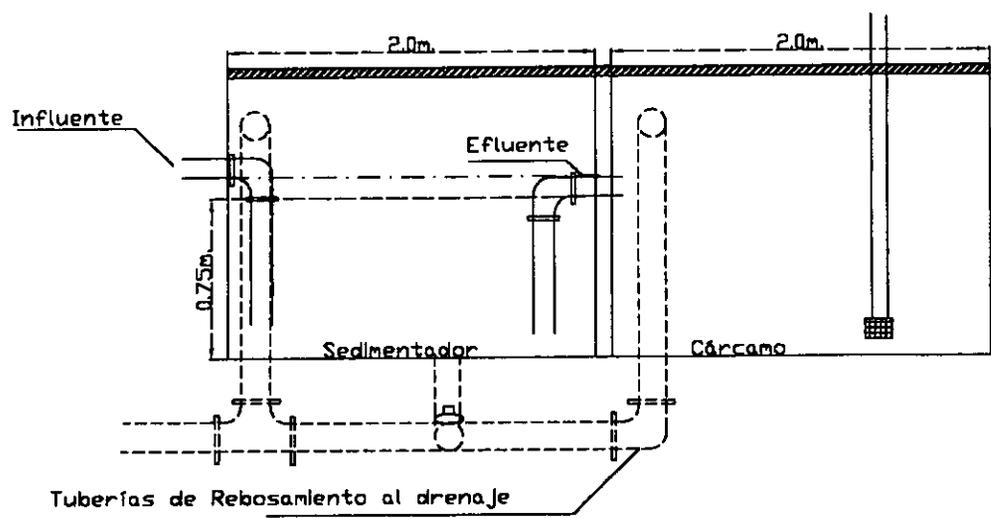
Croquis: Perfil hidráulico

José Enrique Torrentera Garay

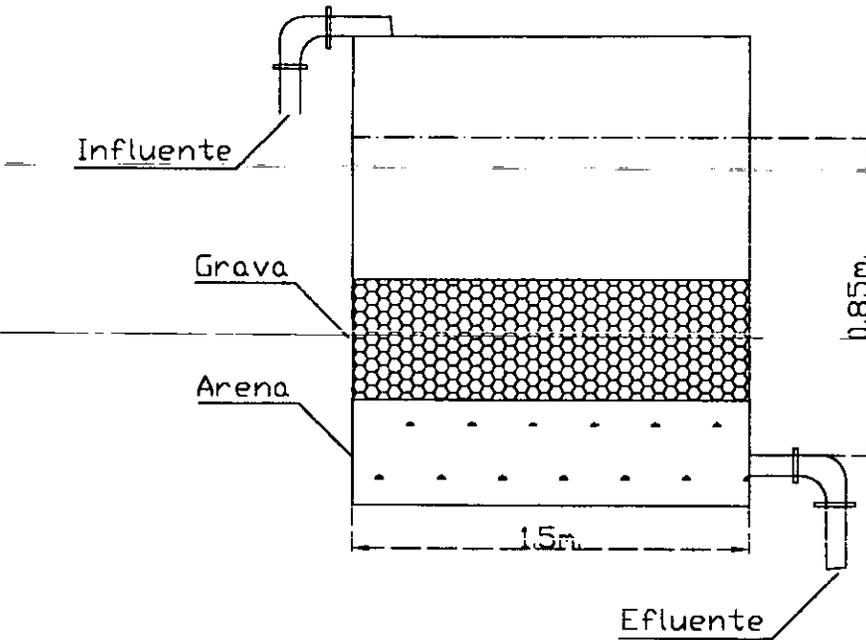
Escala: Sin escala Fecha: XIII - 2000



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
Croquis: Desarenador
José Enrique Torrentera Garay
Escala: Sin escala Fecha: XIII - 2000



Universidad Nacional Autónoma de México	
Facultad de Ingeniería	
Croquis: Sedimentador trampa para grasas y Cárcamo de bombeo	
José Enrique Torrentera Garay	
Escala: Sin escala	Fecha: XIII - 2000



Universidad Nacional Autónoma de México	
Facultad de Ingeniería	
Craquis: Filtro	
José Enrique Torrentera Garay	
Escala: Sin escala	Fecha: XIII - 2000

Capítulo VII) Bibliografía

VII) Bibliografía

1. López Ruiz Rafael.
"Apuntes de Tratamiento de Aguas Residuales"
Facultad de Ingeniería UNAM
Ciudad Universitaria, México D.F. 1998
2. López Ruiz Rafael.
"Apuntes de Instalaciones Sanitarias en Edificaciones"
Facultad de Ingeniería UNAM
Ciudad Universitaria, México D. F. 1998
3. César Valdéz Enrique.
"Abastecimiento de Agua Potable"
Volumen I
Facultad de Ingeniería UNAM
Ciudad Universitaria, México D.F. 1994
4. Comisión Nacional del Agua.
"Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento"
C.N.A. México 1996
5. González Melendez Raul
"Catálogo Nacional de Costos: Prisma"
PRISMA México 1998
6. Gobierno del Distrito Federal
"Gaceta Oficial del Distrito Federal"
México D.F. 31 de diciembre de 1999

7. Tecnoadecuación Ambiental

"Estudios Experimentales Para el Tratamiento del Agua Residual y la Revisión de la Calidad del Agua Obtenida en Función de los Usos Potenciales".

Gobierno del Distrito Federal,

Secretaría de Obras y Servicios

Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica

México 1997

8. Gracia Consultores S.A. de C.V.

"Estudio para el Análisis y Diagnóstico de la Distribución Actual del Agua Residual Tratada en el Distrito Federal y Planteamiento del Esquema de Crecimiento a Corto y Mediano Plazo.

Departamento del Distrito Federal

Secretaría General de Obras

Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica

México 1995

9. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica

"Bases Generales de Licitación para Otorgar en Concesión la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Coyoacán"

Departamento del Distrito Federal

Secretaría General de Obras

Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica

México 1994

10. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica

"Compendio DGCOH 1999"

Gobierno del Distrito Federal,

Secretaría de Obras y Servicios

Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica

México 1999

11. Diseños Hidráulicos y Tecnología Ambiental S.A.

Consultores en Ingeniería Hidráulica y Control de la Contaminación Ambiental

"Desarrollo de un Programa de Computadora que permita Evaluar Diversas Alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales, Incorporando el Mismo al Banco de Programas de la DGCOR, Adoptando las Características del Sistema de Cómputo Existente".

Departamento del Distrito Federal

Secretaría General de Obras

Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica
México 1983

12. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica

"Plan Maestro de Tratamiento y Reuso 1990"

Departamento del Distrito Federal

Secretaría General de Obras

Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica
México 1990

13. Instituto Autónomo de Investigaciones Ecológicas

INAINE A.C.

"Caracterización de las Aguas Residuales Generadas en Servicios Automotrices"

INAINE México D.F. 1994

⊕ Direcciones electrónicas

1. Página de el Instituto Nacional De Estadística Geografía e Informática
www.inegi.gob.mx
2. Página de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
www.semarnap.gob.mx
3. -Página del Instituto Nacional de Ecología.
www.ine.gob.mx
4. Página de la Environmental Control Organization
www.envirocontrol.com
5. Página de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
www.secofi.gob.mx
6. Página de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica
www.dgcoh.gob.mx