



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ASPECTOS GENERALES DE PLANTAS  
DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :

RAFAEL GUSTAVO ORTEGA SERAPIO

SEPTIEMBRE 1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

**ASPECTOS GENERALES DE PLANTAS DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES**

I N D I C E

C A P I T U L O	PAGINA
I._ INTRODUCCION. . . . .	2
II._ AGUA POTABLE. . . . .	5
III._ AGUA RESIDUAL . . . . .	28
IV._ GENERALIDADES DE DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL MUNICIPAL . . . . .	39
V._ METODOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL. . . . .	58
VI._ CONCLUSIONES. . . . .	82

## I. INTRODUCCION

Todos estamos preocupados por el agua, por el lento pero continuo deterioro de las fuentes de abastecimiento, así como del cada vez mayor caudal del vital líquido, que es necesario suministrar a todas las ciudades del País, especialmente a las grandes urbes por el continuo crecimiento de las mismas.

Cuando uno abre una llave lo más probable es que salga agua, pero cuando no sucede así cuántos trastornos ocasiona. La usamos en forma casi automática y quizá sin darnos cuenta la dejamos ir. Las condiciones actuales exigen el aprovechamiento de las aguas residuales, por lo cual hace necesario conocer sus orígenes para poder tratarlas.

Es muy importante que las aguas residuales sean conducidas hasta un lugar alejado de las actividades de las poblaciones, lo cual era relativamente factible hasta hace algunos años. En la actualidad con el crecimiento de la población, ensanchamiento y alargamiento de las manchas urbanas, ya no es posible conducir las aguas residuales de un núcleo de población, sin afectar o poner en riesgo la salud de otro núcleo.

Nuestro País se encuentra en la etapa en que ya no se puede dar el lujo de no tratar las aguas residuales, ya que el sistema de autopurificación con que cuenta la naturaleza está sobresaturado, además que no esta provisto para trabajar adecuadamente ni soportar el abuso a que ha sido sometido últimamente. Como el sistema natural de autopurificación ya está sobrecargado, ahora es necesario proporcionar un tratamiento a las aguas residuales antes de ser descargadas a los cuerpos receptores.

Los volúmenes de agua necesarios para satisfacer las necesidades de los centros de población son cada vez mayor, lo que ha hecho necesario el tratamiento del agua residual para aliviar la demanda en algunos servicios.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar de manera general los aspectos relacionados con el agua, sus múltiples usos, los problemas que presenta una vez utilizada o contaminada en su uso, la necesidad de tratar el agua residual para evitar la creciente contaminación ambiental y la alternativa que presentan las plantas de tratamiento como una fuente potencial de agua para diferentes usos, según su grado de tratamiento. Presentar de manera general los elementos requeridos en el diseño de plantas de tratamiento, así como la descripción del método de tratamiento a base de lodos activados. Presentar el nivel de tratamiento y capacidad de las principales plantas de tratamiento en el D.F. así como del principal aprovechamiento del agua tratada.

Para alcanzar este objetivo, el presente trabajo se ha dividido en los siguientes capítulos:

**CAPITULO II: AGUA POTABLE**, el objetivo de este capítulo es presentar de manera general la importancia que tiene el agua en las actividades económicas y sociales del hombre, así como de las principales fuentes de abastecimiento para satisfacer la demanda. Su alcance es: descripción general de los diferentes usos del agua potable; enumeración de los principales datos para el diseño de abastecimientos, métodos de cálculo de población de proyecto, así como los principales factores que afectan la demanda; presentación de datos estadísticos nacionales del servicio de agua potable y alcantarillado; descripción de las potenciales fuentes de abastecimiento, sus principales componentes y volúmenes de aportación.

**CAPITULO III: AGUA RESIDUAL**, el objetivo de este capítulo es la descripción general del agua residual, su composición y el peligro que representa como fuente de contaminación ambiental. El alcance es la descripción de los diferentes orígenes que tiene el agua residual, su composición química y bacteriológica; volúmenes de aportación de agua residual y principales factores que afectan este volumen, descripción general del sistema de recolección y disposición final; enumeración de las principales enfermedades que se pueden transmitir por el uso de agua contaminada para riego y en otros usos.

**CAPITULO IV: GENERALIDADES DE DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL MUNICIPAL.** El objetivo de este capítulo es enumerar los principales elementos necesarios para el diseño de plantas de tratamiento. Su alcance es la presentación de una lista de revisión sistemática, en la cual se enumeran las principales características que deben considerarse en el diseño de plantas de tratamiento de agua residual municipal, aclarando que no todos los puntos son aplicables a una planta en específico; enumerar los principales factores que determinan la ubicación de la planta; descripción de la distribución unitaria y distribución funcional de las plantas, así como ventajas y desventajas que presentan; enlistar otras características importantes en el diseño como las especificaciones constructivas, tipo de recubrimientos recomendados y dispositivos de seguridad.

**CAPITULO V: METODOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL.** El objetivo de este capítulo es la enumeración de los tipos de tratamiento, y descripción general del método del tratamiento a base de lodos activados. Su alcance es presentar el objetivo del tratamiento del agua residual. Enlistar los principales métodos de tratamiento, descripción del método de tratamiento a base de lodos activados, así como las ventajas que se obtienen en la variación del proceso convencional; descripción general de los principales componentes de las estructuras empleadas, en los diferentes niveles de tratamiento: preliminar, primario, secundario y terciario; descripción general de la digestión y disposición de los lodos residuales.

**CAPITULO VI: CONCLUSIONES,** tiene como objetivo presentar la alternativa que presenta el agua tratada para satisfacer la creciente demanda de agua potable. Su alcance es enunciar la alternativa que dan las plantas de tratamiento de agua residual, como fuente segura de agua para riego, servicios públicos, recarga de acuíferos, sin presentar peligro de infección o contaminación; enlistar las principales plantas de tratamiento en el D.F. su capacidad instalada y nivel de tratamiento.

## II. AGUA POTABLE

### C O N T E N I D O

II.1	IMPORTANCIA DEL AGUA . . . . .	6
II.2	ESCASEZ DE AGUA. . . . .	12
II.3	OPCIONES PARA SATISFACER LA DEMANDA DE AGUA. . . . .	16

## II.\_ AGUA POTABLE

De todos los recursos naturales, el agua es la sustancia que interviene en todas las actividades sociales y económicas del hombre.

Los habitantes de las ciudades reciben y utilizan el agua para satisfacer sus necesidades, además de alimenticias y culinarias para: el lavado y baño; limpieza de ventanas, paredes y pisos; calefacción y acondicionamiento de aire; riego de prados y jardines, lavado de calles, llenado de albercas y estanques de vadeo; exhibición de fuentes y cascadas; para la eliminación de desechos caseros perjudiciales y potencialmente peligrosos.

En la actividad económica el agua tiene un papel primordial y su carencia afecta de manera directa su desarrollo. El agua se emplea en actividades como: la agricultura; en la generación de energía eléctrica, hidráulica y de vapor. En general la industria utiliza grandes cantidades de este recurso en todos sus procesos de transformación o de manufactura, aún para la producción de sustancias en cuya constitución no interviene, también la emplea como sustancia para la dilución y desalojo de los desechos.

### II.1.\_ IMPORTANCIA DEL AGUA

Para un clima, semejante al que predomina en nuestro País, en términos generales, se estima que para satisfacer en forma razonable, todas las necesidades de agua de una persona se requiere, en promedio, dos mil metros cúbicos por año. Este volumen comprende el agua necesaria para uso doméstico, público, agropecuario, recreativo, industrial, generación de energía eléctrica, etc.

El hombre emplea el agua en todas sus actividades, aprovechándola para satisfacer los siguientes propósitos:



### II.1.1 ABASTECIMIENTO DE AGUA A CENTROS DE POBLACION.

Este tipo de aprovechamiento tiene preferencia sobre cualquier otro. La dotación es la cantidad de agua, expresada en litros - habitante - día y debe satisfacer todas las necesidades de una persona; la dotación por habitante es variable y aumenta conforme crece la población y su categoría política (\*).

En localidades rurales la dotación es únicamente la necesaria para satisfacer las necesidades primarias. Por ejemplo, en las zonas áridas del País, llega a ser de 10 litros al día por habitante.

En los grandes centros urbanos la dotación se hace para satisfacer en forma plena las necesidades de sus habitantes, incluye los usos: domésticos, comprende el agua usada en el interior y en las inmediaciones de la vivienda; públicos, es el agua usada para regar calles y jardines públicos, extinguir incendios, limpieza de alcantarillas, abastecer edificios públicos, etc.; comercial, es el agua usada en zonas comerciales por personas que no residen en ellas; industrial, es el agua empleada para fines de manufactura o transformación.

La dotación para estos centros urbanos llega a ser mayor de 300 litros por habitante por día.

Los sistemas de abastecimiento son desde una toma colectiva de agua, para toda una localidad, hasta las tomas domiciliarias y agua entubada dentro de las casas.

El agua destinada al consumo humano debe ser potable, entendiéndose como tal el agua que cumpla con las normas de calidad.

### II.1.2 USOS INDUSTRIALES.

En la actualidad en todos los sectores de las actividades económicas, existe una dependencia creciente de agua, que adquiere especial importancia en el sector industrial. Esta demanda obedece a que la mayor parte de la industria primaria y secundaria, requieren este recurso en cantidades cada vez mayores, para sus procesos de elaboración, transformación y, en algunos para enfriamiento.

(\*) Manual de Normas de Proyecto P/Obras de Aprovechamiento de Agua en Localidades Urbanas de la República Mexicana.

Por otra parte, la industrialización trae consigo la concentración de la demanda de agua en determinadas zonas geográficas, requiriéndose para abastecimiento y como medio de eliminación de desechos, además de la transformación.

Las necesidades de agua en la industria, están determinadas por la tecnología y producción total. La cantidad de agua que se consume o usa para producir artículos industriales, depende de la clase de producto que se elabore y, si el agua se consume al incorporarse al producto durante el proceso de elaboración, o si solamente se aprovecha para el proceso y puede volver a usarse en el mismo o en otro proceso, aunque a veces tenga que reacondicionarse para satisfacer determinados requisitos.

En la práctica, es difícil precisar la cantidad de agua que se requiere para producir un artículo. En términos generales, se requiere de un metro cúbico de agua para obtener cualquiera de las siguientes cantidades de producto: 30 Kg de acero, 70 Kg de pulpa de madera, 12 Kg de hule sintético, 29 Kg de productos petroquímicos, 33 Kg de azúcar, 0.3 Kg de algodón. Aquí podemos apreciar la relación que guarda la industria con el suministro de agua.

Para algunas industrias, la calidad del agua es más importante que la cantidad disponible; esto representa un problema, por un lado el establecimiento de nuevas industrias puede frenarse, por el excesivo costo que implica el tratamiento de agua de mala calidad y, por otro, debido a la práctica que siguen para la eliminación de los desechos, algunas industrias pueden alterar la calidad del agua, destinada a otras que ya funcionan y a otros consumidores potenciales.

La disponibilidad y calidad del agua son factores importantes en la ubicación e instalación de un número cada vez mayor de industrias, así como en su ampliación e incluso en su traslado de un lugar a otro.

### II.1.3 R I E G O.

Debido a las características climáticas de nuestro País, el riego es indispensable. El 63 % del territorio es árido, lo que hace necesario el riego para el aprovechamiento agrícola; el 31 % es semiárido, en el cual solo se puede desarrollar el cultivo de temporal, en épocas de lluvia; el 5% es semihúmedo, en el cual es prácticamente posible obtener cosechas todo el año, pero para aumentar los rendimientos es conveniente suministrar el riego; el 1 % es húmedo y permite desarrollar cultivos todo el año.

Las condiciones climatológicas no son la única limitante de la agricultura del País, ya que es uno de los más montañosos del mundo, lo que origina el contraste y la irregularidad del clima y que predominen las fuertes pendientes; de las 196.7 millones de hectáreas con que cuenta solo 71 millones son de tierras llanas con pendiente menor del 25 %. Por esto para aprovechar la superficie cultivable, debemos buscar fuentes de agua para riego, económicas, seguras y con la calidad necesaria, para así lograr el desarrollo y crecimiento agrícola del País.

#### II.1.4 DESARROLLO DE LA FAUNA Y FLORA ACUÁTICA.

Nuestro País cuenta con una faja amplia de esteros, lagunas y marismas, que tienen las condiciones ecológicas favorables para el desarrollo del camarón, ostión y otras valiosas especies de alto valor comercial.

Los recursos pesqueros de las aguas esturianas han venido siendo afectadas negativamente por: las obras de control de los ríos; las descargas de los drenajes agrícolas contaminadas con insecticidas, fertilizantes químicos y sales; los desechos industriales y por las descargas de aguas residuales. En conjunto han provocado un alarmante descenso en la producción.

Las lagunas litorales son lugares donde puede aplicarse las nuevas tecnologías, destinadas a mejorar el medio ecológico y elevar la productividad. Los conocimientos científicos del proceso de producción, los factores ambientales, las especies adaptadas y las que pueden llegar a adaptarse a cada sistema ecológico, son elementos esenciales para elevar la productividad. La producción de las lagunas litorales alcanzan niveles que superan a los de la agricultura tecnificada y puede elevarse si se cuenta con las obras necesarias para alcanzar el aprovechamiento óptimo.

Las lagunas naturales del País cubren un área total de 1'540,780 Ha. de las cuales un millón son susceptibles de ser aprovechadas.

Los ríos y arroyos, en su estado natural, descargan en las aguas marinas de la plataforma continental, contribuyendo a mantener el equilibrio ecológico que permite el desarrollo del ciclo biológico. En la actualidad, estas aportaciones de agua dulce, tienden a reducirse o a cambiar de régimen de descarga, conforme se van controlando y aprovechando los ríos, alterando el equilibrio en algunas zonas. Es necesario considerar entre los principales usos del agua, la alimentación de esta faja costera de agua dulce, con el propósito de fomentar el desarrollo y la explotación comercial de las especies marinas.

### II.1.5 RECREACION Y TURISMO.

El aprovechamiento del agua para estos fines está relacionada con el desenvolvimiento de las ciudades, en algunos países, este uso tiene mayor preferencia.

En las zonas que cuentan con lagos y ríos es relativamente fácil desarrollar diversas formas de recreo, pero en las zonas áridas y semiáridas, este uso está ligado a las presas de almacenamiento, cualquiera que sea el uso a que están destinadas.

En algunas zonas áridas y semiáridas del País, es recomendable el aprovechamiento de los escasos recursos hidráulicos disponibles, para fines recreativos y turísticos, por el elevado índice de productividad que se podría obtener en comparación con otros propósitos.

### II.1.6 GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA.

El suelo montañoso del País, que limita a la agricultura, favorece el aprovechamiento hidroeléctrico, con los cuales se inició la electrificación masiva. En los últimos años se ha presentado una preferencia por las plantas termoeléctricas, al grado de que el petróleo proporciona la mayor parte de la energía que impulsa la actividad económica. Estas plantas no consumen ni contaminan el agua, ni cambian sustancialmente el régimen de los ríos; los volúmenes de agua utilizados, están incluidos en los destinados para usos industriales, por lo que no se requiere reserva especial.

### II.1.7 NAVEGACION.

Las condiciones necesarias para este propósito, no dependen directamente de la potencialidad del río, sino de la regularidad de la corriente, de la pendiente y características generales del cauce.

Son pocos los ríos del País y cortos los tramos, que pueden considerarse navegables, entre ellos tenemos al Usumacinta, Grijalva, Tonalá, Papaloapan, Coatzacoalcos y Pánuco. La navegación ha sido tradicional y puede incrementarse, al construir almacenamientos destinados a propósitos que permitan la regulación del cauce.

## II.1.8 USOS MULTIPLES.

Las corrientes naturales del País, son uno de nuestros recursos más valiosos, pero la tendencia que tienen a salirse de sus cauces y provocar inundaciones, durante los períodos hidrometeorológicos anormales, causan graves daños a nuestra economía. Los desastres producidos por avenidas, se deben principalmente a que el hombre, en su afán de acercarse a los ríos, invaden los cauces y valles adyacentes construyendo centros de población, desarrollando la agricultura y la industria en zonas peligrosas.

Las presas para el control de los ríos y las obras de defensa contra inundaciones, están relacionadas con la seguridad y bienestar de la población. En nuestro País, son pocas las presas que tienen como único objetivo el control de las avenidas, para protección contra inundaciones. No es frecuente que se considere, en los almacenamientos una capacidad adicional para este objetivo, sin embargo, los vasos tienen cierto efecto regulador que reduce la magnitud de las avenidas.

El aprovechamiento hidráulico ideal, es el destinado a usos múltiples, que se apoyan unos en otros y, se complementan para diversificar e incrementar los beneficios, cuya magnitud es mayor que si se desarrollan separadamente. En los proyectos para usos múltiples se asocia generalmente, el control de las avenidas con cualquier otro, ya sea para abastecimiento de agua, riego, generación de energía eléctrica, Etc., aumentando la factibilidad económica del conjunto.

## II.2.\_ ESCASEZ DE AGUA

El suministro de agua, para cualquiera que sea el propósito de uso, está directamente relacionado con la zona geográfica, si cuenta o no con la fuente de abastecimiento, así como del diseño y proyección a futuro de las estructuras que comprende.

Para lograr una buena administración y un diseño adecuado se los sistemas de abastecimiento, se requiere de un buen conocimiento de los volúmenes necesarios, así como de su relación con la población y el tiempo.

El periodo de diseño, es el número de años para los cuales deberán ser adecuados el sistema propuesto, sus estructuras componentes y equipo. Se seleccionan considerando los siguientes factores: vida útil de las estructuras y equipo componente, tomando en cuenta la antigüedad, el desgaste y el daño; la dificultad para hacer ampliaciones a las obras existentes; el crecimiento anticipado de la población, incluyendo posibles desarrollos de la comunidad, la industria y el comercio; el comportamiento de las obras durante sus primeros años cuando no están trabajando a su capacidad completa. El periodo de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potables , es de 20 a 25 años.

La información más confiable, para calcular la población de proyecto de una comunidad se obtiene de los censos oficiales. Algunas fechas en las que se han realizado los censos generales de población son:

AÑO	POBLACION TOTAL
1910	15.16 millones
1921	14.3 "
1930	16.5 "
1940	19.6 "
1950	25.8 "
1960	34.9 "
1970	48.2 "
1980	69.3 "
1985	78.5 "

La población crece por nacimientos y decrece por muertes, crece o decrece por migración y, aumenta por anexión. Estos fenómenos están influidos por factores sociales y económicos. Los cambios en los índices de natalidad y mortandad, se deben a: la inmigración; los avances en la higiene maternal e infantil; los adelantos en la nutrición, que han aumentado la fertilidad y, disminuido la incidencia de tuberculosis y de otras enfermedades infecciosas; los descubrimientos en la medicina, que ha reducido la prevaencia y fatalidad de las enfermedades infecciosas, así como las guerras y los desastres. La esperanza de vida en el País, en 1900 era de 50 años, y en la década de los ochenta de 67 años.

La proyección de la población total, de una comunidad, es necesaria en el diseño y administración del sistema de abastecimiento de agua y del sistema de alcantarillado en conjunto. Se hace con el objeto de identificar el cambio a través de un periodo largo de tiempo, para ello se emplean los registros de crecimiento de la población. Los métodos empleados para la proyección son:

a) Métodos gráficos: Extensión de la curva observada, se hace mediante una prolongación del comportamiento de la curva estadística; Comparación con otras poblaciones, que tengan las mismas características de desarrollo.

b) Métodos analíticos: Aritmético; geométrico; logarítmico; interés compuesto; incrementos diferenciales; ajuste por mínimos cuadrados, recta, logarítmica y exponencial; logístico; parabólico; y métodos del Banco de México.

La distribución del agua y la recolección de las aguas residuales, de un área requieren de la densidad de población, así como de la naturaleza y uso del suelo. La densidad de población, se expresa como el número de personas por kilómetro cuadrado. En nuestro País se presenta la siguiente distribución:

República Mexicana	34.4 hab / km <sup>2</sup> ,
Baja California	3.0 "
Campeche	7.5 "
Chihuahua	7.9 "
Sonora	8.2 "
D.F.	6,336.0 "
Jalisco	53.2 "
Edo. de México	352.0 "

Las tuberías del sistema de abastecimiento, suministran el agua a: los habitantes, establecimientos comerciales e industriales y, edificios públicos; la cantidad varía según el clima, estándares de vida, amplitud del alcantarillado, tipo de actividad comercial e industrial, costo del agua, disponibilidad de abastecimiento privado de agua, propiedades del agua para usos domésticos, industriales y otros; presiones de distribución, totalidad de medición y administración del sistema. Para determinar la cantidad de agua se requiere las condiciones inmediatas y futuras de la localidad, se recomienda adoptar los siguientes valores para la dotación (\*), en función del clima y número de habitantes de la población de proyecto.

Población de Proyecto (habitantes)		Dotación (Lts/hab/día)		
		Tipo de clima		
		Cálido	Templado	Frío
2,500	a 15,000	150	125	100
15,000	a 30,000	200	150	125
30,000	a 70,000	250	200	175
70,000	a 150,000	300	250	200
150,000	o más	350	300	250

Los servicios de agua potable y alcantarillado, en el País, se muestran en la siguiente tabla:

Número de Localidades	Rango de Población (habitantes)		% Con Servicio de	
			Agua Potable	Alcantarillado
95,410	menor	de 2,500	22.0	3.0
1,067	2,500	- 5,000	39.0	25.2
428	5,000	- 10,000	53.2	38.5
168	10,000	- 20,000	62.9	49.1
80	20,000	- 50,000	69.9	57.4
31	50,000	- 100,000	71.7	66.6
29	100,000	- 500,000	76.5	68.2
3	500,000	- 1'000,000	80.0	78.2
D.F.	mayor	de 6.64 mill	82.9	74.2

(\*) Manual de Normas de Proyecto P/Obras de aprovisionamiento de Agua en Localidades Urbanas de la Republica Mexicana.



Poblaciones con servicio de agua potable.

República Mexicana	66 %
Medio Rural	35 %
Medio Urbano	81 %

Población sin servicio de agua potable.

República Mexicana	34 %
Medio Rural	65 %
Medio Urbano	19 %

Existen factores que afectan el consumo de agua y, se refleja en un aumento en la demanda, entre ellos tenemos a: las temperaturas extremas, que aumentan el consumo de agua; los climas calientes y áridos con un mayor número de baños, acondicionamiento de aire e irrigación; los niveles elevados de vida, que representan un consumo elevado de agua, utilizada en la cocina, cuartos de baño y lavandería, riego de prados y jardines, y en la calefacción unitaria. En los comercios, algunas empresas emplean mucha agua, como hoteles y hospitales y, establecimientos industriales como cervecerías, empacadoras, lavanderías, fábricas de papel y acero. Cuando menos cuesta el agua es mayor su consumo, por lo cual el consumo varía en razón inversa de las tarifas que se pagan por ella. Sumado a esto, uno muy importante, es el de las fugas a todo lo largo de la red de distribución.

Por un lado las comunidades más afectadas por la escasez de agua, son las rurales, ya que algunas no cuentan con ella ni para satisfacer sus necesidades alimentarias y, por otro lado, las grandes ciudades la tienen que extraer de pozos de gran profundidad e importarla de fuentes cada vez más lejanas, para satisfacer su creciente demanda, que cada vez es más difícil de lograr, presentando zonas marginadas las cuales no cuentan con ella.

### II.3 OPCIONES PARA SATISFACER LA DEMANDA DE AGUA

Para llenar los requisitos de calidad, los abastecimientos de agua deben ser saludables y de buen sabor. Para ser saludable, el agua debe estar libre de organismos causantes de enfermedades, sustancias venenosas y de cantidades excesivas de materia orgánica y mineral. Para tener un sabor agradable debe carecer, en especial, de color, turbidez, sabor y olor y, tener una temperatura moderada.

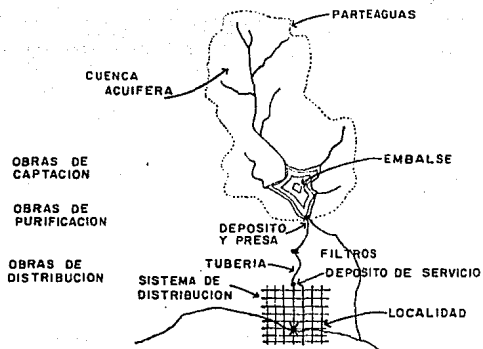
El control de calidad del agua interviene en todas las fases de la administración técnica de las obras hidráulicas. Se inicia con la preparación, supervisión y mantenimiento de las áreas de captación de las fuentes abastecedoras; continúa a través de los conductos, plantas de purificación y sistema de distribución. Cada fuente tiene sus problemas de control y por seguridad deben tener una vigilancia permanente.

Un agua limpia, por naturaleza, proviene de una fuente limpia, por lo cual debe conocerse perfectamente el área de captación de su abastecimiento, así como si existen corrientes o lagos extensos y, obras subterráneas de suministro, hasta distancias considerables de la fuente. Las cuencas deben visitarse todas las estaciones del año y bajo todas las condiciones de clima, durante sequías y avenidas, solamente así pueden cubrirse los peligros de la calidad del agua.

Puede lograrse mucho, mediante el sondeo del área de captación, drenaje de pantanos, prevención de la erosión del suelo, reforestación y deforestación, prácticas agrícolas adecuadas, usos metodizados de insecticidas, prevención conveniente de los lugares destinados como depósitos antes de ser llenados, control de las plantas acuáticas y algas, así como de los cambios en la profundidad de aspiración.

Todas las aguas superficiales y muchas de las subterráneas deben desinfectarse, aun cuando parezcan ser limpias y seguras, ya sea en su estado natural o después del tratamiento.

Los sistemas de abastecimiento comprenden generalmente las obras de: captación, purificación, conducción y las obras de distribución. Como se ilustra en la figura.



Las obras de captación toman el agua de una fuente cuyo volumen es siempre adecuado, para satisfacer la demanda presente y futura. Para asegurar el suministro en épocas de demanda elevada, se tienen que almacenar los excedentes anuales, para usarlos en tiempos de escasez. Las obras de purificación, se introducen cuando la calidad del agua no es satisfactoria; el agua contaminada debe purificarse, las desagradables hacerse atractivas y de buen sabor, las que contienen minerales como el hierro y manganeso deben suprimirseles, la corrosiva se desactiva y la dura suavizarse. Los sistemas de conducción transportan el agua captada y purificada a las comunidades donde la red de distribución la entrega a los consumidores, en volumen y presión adecuada.

Las obras de captación, purificación, conducción y distribución, generalmente, están determinadas por la fuente de agua, las más comunes son:

### II.3.1 AGUA DE LLUVIA.

EL agua de lluvia, puede recolectarse de los techos, almacenándose en cisternas, para abastecimiento individual reducido. También de cuencas mayores o preparadas, para suministro de pequeñas comunidades.

El agua de lluvia raramente es la fuente inmediata de abastecimiento, su recolección, generalmente, se hace en regiones semiáridas, carentes de aguas satisfactorias superficiales o subterráneas. En casa habitación, el agua de lluvia que escurre de los tejados, se conduce a través de canales y ductos de bajada a barriles o cisternas de almacenamiento situados sobre el piso o hechos en el suelo. El almacenamiento transforma la recepción intermitente, del agua de lluvia, en una fuente de suministro continuo.

El aprovechamiento del agua pluvial, es proporcional al área receptora y, de la cantidad de precipitación; pero parte del agua es arrastrada por el viento, hacia fuera de los tejados y parte se evapora o se pierde humedeciendo la superficie y los ductos colectores. En ocasiones debe desperdiciarse la primera corriente de agua, porque contiene polvo, desechos de pájaros y, otras sustancias indeseables; una compuerta reflectora, colocada en el ducto de salida, permite desviar el agua no deseada. Los filtros de arena, permiten limpiar el agua a la entrada de la cisterna y, previenen su deterioro, debido al crecimiento de organismos ofensivos y a los cambios consecuentes de sabor, olor y otras alteraciones en apariencia.

### II.3.2 AGUA SUPERFICIAL

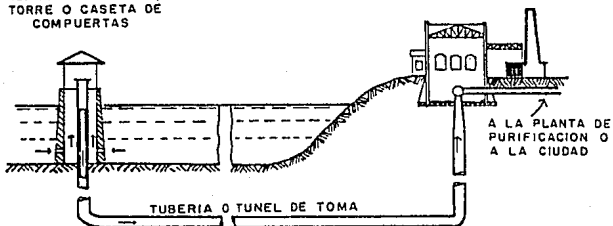
Agua superficial, ésta puede obtenerse de: ríos, lagos y estanques naturales de suficiente tamaño, mediante toma continua. De ríos con flujo adecuado de creciente, mediante toma intermitente, temporal o selectiva de las aguas de avenidas limpias y de su almacenamiento en depósitos adyacentes a la corriente. De ríos con flujos bajos en tiempos, de sequía, pero con suficiente descarga anual mediante toma continua, de almacenamiento de los flujos excedentes al consumo diario, hecho en uno o más depósitos, formados mediante presas construidas a lo largo de los ríos.

La cantidad de agua superficial, que puede captarse, varía con el tamaño del área colectora o cuenca hidrológica, así como de la diferencia entre la cantidad que cae dentro de ella y la que se pierde por infiltración y evaporación.

Las comunidades situadas a los lados de los ríos, estanques y lagos, o en sus cercanías, pueden abastecerse de ellos mediante un consumo continuo, siempre que el flujo de la corriente o la capacidad del estanque o lago, sean suficientes durante todas las estaciones del año, para suministrar los volúmenes requeridos. Las obras de captación comprenden, generalmente, una rejilla, casa de compuertas o torre de toma, un ducto de toma y una estación de bombeo. En corrientes pequeñas, una presa de toma o represa de desviación puede crear la profundidad suficiente de agua para sumergir el tubo de toma. El agua generalmente debe elevarse de las tomas hasta las plantas de purificación y de ahí al sistema de distribución.

REJILLA DE LA TOMA,  
TORRE O CASETA DE  
COMPUERTAS

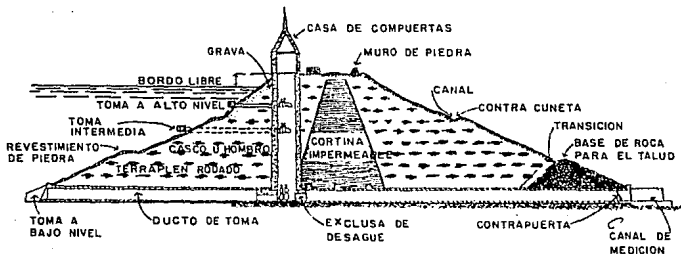
ESTACION DE BOMBEO



### Consumo Continuo de Agua Procedente de Lagos y Grandes Corrientes

La mayoría de las corrientes grandes, sufren contaminación, procedentes de las ciudades e industrias situadas, aguas arriba, por lo que la purificación se hace necesaria.

Consumo selectivo. En la búsqueda de aguas limpias, que puedan llevarse y distribuirse por gravedad, a las comunidades, se han desarrollado abastecimientos procedentes de corrientes de regiones elevadas. Para que sea útil su descarga anual, debe ser mayor o igual que la demanda de la comunidad durante algunos años. Debido a que en los tiempos de sequía los flujos son escasos, en relación a los requerimientos sus crecientes deben almacenarse en cantidades que aseguren un abastecimiento adecuado. Los depósitos necesarios, se logran construyendo presas a través del valle de los ríos.



Presa y Torre de la Toma para un Abastecimiento por Almacenamiento de Agua Superficial.

El área que drena hacia los almacenamientos, se conoce como cuenca hidrológica, su desarrollo económico depende del valor del agua en la región, del escurrimiento y de su variación, de la accesibilidad de la cuenca, de la interferencia con los derechos existentes sobre el agua y los costos de construcción, debe considerarse la evaporación de las nuevas superficies de agua creadas por el almacenamiento, la descarga de agua en el valle situado aguas abajo de la presa, el aumento de depósitos de tierra en el suelo y la disminución gradual de la captación de almacenamiento por azolves.

Algunos abastecimientos procedentes de estos depósitos tienen agua suficientemente segura, atractiva y de buen gusto, como para ser usada sin otro tratamiento que su desinfección protectora, pero en ciertos casos, puede ser necesario eliminar el color oscuro del agua almacenada y propio de la descomposición de la materia orgánica, los olores y sabores generados por la putrefacción de algas, especialmente durante los primeros años, después del llenado.

### II.3.3 AGUA SUBTERRANEA.

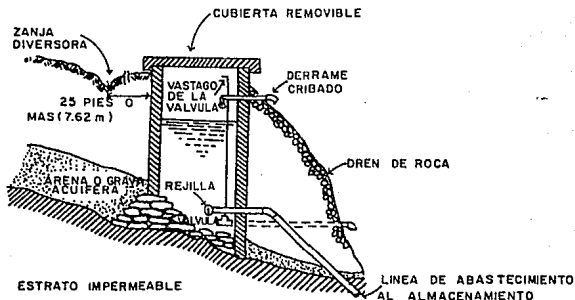
El agua subterránea, puede provenir de manantiales naturales, pozos, galerías filtrantes, estanques o embalses.

La aportación diaria de las aguas subterráneas son, menores a los abastecimientos superficiales, pero son más numerosas. Estas fuentes también tienen una área de toma o captación; la recarga se produce por infiltración de áreas cercanas o de distancias considerables.

El rendimiento máximo de agua subterránea, es directamente proporcional al área y a la diferencia entre la precipitación y la suma de evapotranspiración y el escurrimiento de la tormenta. El agua subterránea sale a la superficie a través de: los manantiales, cuando la superficie del suelo cae bruscamente bajo el nivel freático normal, se le conoce como manantial de presión; cuando una formación geológica lleva tras de sí agua y la fuerza hacia la superficie, se produce el manantial de contacto; cuando en una falla en un estrato impermeable, permite escapar el agua, se conoce también como manantial de contacto.

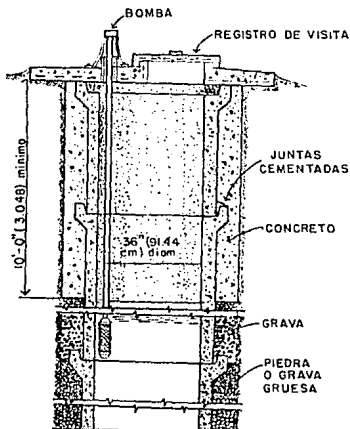


Los manantiales normalmente, se aprovechan para captar el flujo natural del acuífero; si las circunstancias son favorables, su rendimiento puede aumentarse mediante la introducción de tubos colectores o galerías colocadas dentro de las formaciones freáticas que lo alimentan. La contaminación de estas aguas, generalmente, se origina cerca del punto de captación, esto se puede prevenir; excluyendo la infiltración de aguas poco profundas; circundando el manantial, mediante una cámara hermética, que penetre hasta una profundidad segura dentro del acuífero y, desviando el escurrimiento superficial de las inmediaciones. Algunos manantiales rinden menos de 4 litros por minuto y otros llegan a más de 189 litros por día. Algunos son permanentes, periódicos o intermitentes.



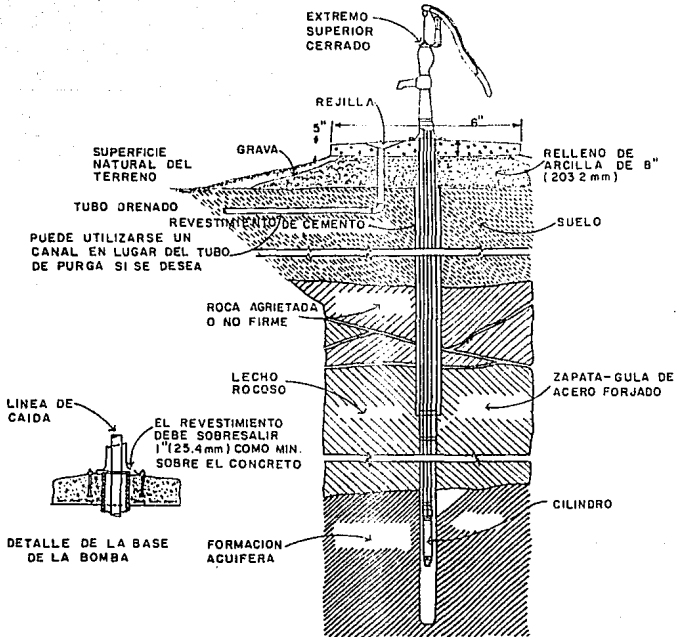
Abatecimiento de Agua Procedente de Mantiales

Los pozos, dependiendo de las formaciones geológicas que atraviesan y su profundidad, pueden ser: clavados, perforados o barrenados en el suelo. Los excavados y clavados, están restringidos a suelos suave, arena y grava y, a profundidades menores de 30 metros. En los suelos duros y roca, se aplican los pozos perforados o barrenados, a profundidades mayores de 30 metros. En regiones bien provistas de agua los pozos, en suelo duro, que tienen una profundidad y diámetro moderado, pueden proporcionar de 4 a 180 lpm; los pozos en suelo arenoso, no más de 180 lpm; los pozos de acuíferos pueden llegar a suministrar más de 300 lpm. Los pozos, generalmente no sufren contaminación por infiltración lateral, sino por entrada vertical; los contaminantes se pueden excluir mediante un revestimiento hermético que penetren el acuífero por lo menos 3 metros bajo la superficie del área del pozo y su protección contra inundaciones de corrientes cercanas.



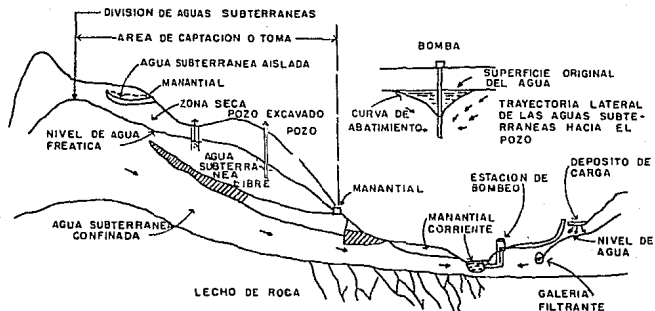
Suministro de Agua de Pozo Excavado

# BOMBA



Abastecimiento de Agua de Pozo Clavado

Las aguas subterráneas que se desplazan a los ríos o lagos, procedentes de zonas elevadas vecinas, pueden ser interceptadas mediante galerías filtrantes, tendidas más o menos en ángulo recto a la dirección del flujo, que conducen el agua entrante a estaciones de bombeo. Los depósitos y zanjas filtrantes son similares, en esencia son pozos a cielo abierto, grandes o largos de poca profundidad.



Las obras de captación de agua subterránea, incluyen bombas, a las que fluye el agua de todo o gran parte del pozo ya sea por gravedad, a través de ductos profundos a baja presión negativa a través de la tubería maestra de succión. Se deben utilizar unidades individuales de bombeo alternantes, en especial cuando el nivel freático se encuentra a profundidad considerable. La mayor parte de las aguas subterráneas son limpias, de buen sabor y frías, pero el paso a través de algunas capas del suelo pueden hacerlas de sabor desagradable, corrosivas o duras, por lo que se debe variarse su tratamiento de acuerdo a sus características.

### III. AGUA RESIDUAL

#### C O N T E N I D O

III.1	Origen de la Aguas Residuales. . . . .	29
III.2	Calidad del Agua Residual. . . . .	30
III.3	Composición Bacteriológica . . . . .	32
III.4	Volúmenes de Aportación. . . . .	33
III.5	Desalajo de las Aguas Residuales . . . . .	35
III.6	Peligros que Representan las Aguas Residuales. .	37

### III.\_ AGUAS RESIDUALES

Las aguas negras, servidas o residuales, son las aguas de abastecimiento de una localidad, después de haber sido contaminadas en sus diferentes usos. Resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de casas habitación, edificios públicos, comerciales e industriales y, de aguas subterráneas, superficiales o pluviales.

#### III.1.\_ ORIGEN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales pueden ser originadas por:

III.1.1 Desechos humanos y animales, que van a dar a las alcantarillas. Desde el punto de vista de salud pública, son muy importantes, ya que pueden contener organismos perjudiciales al hombre, por lo que se les debe dar un tratamiento seguro y eficaz.

III.1.2 Desperdicios caseros, son originados en las diversas labores domésticas: lavado de ropa, baño, desperdicios de alimento, limpieza, preparación de alimentos y lavado de trastos. Casi todos estos contienen jabones, detergentes sintéticos y partículas de grava y alimento.

III.1.3 Aguas de lavado de calles y de precipitación pluvial. Son originadas por el lavado de calles y por escurrimiento superficial de las lluvias, que fluyen de los techos y otras superficies, arrastrando polvo, arena, hojas y basura, que van a descargar al drenaje.

III.1.4 Infiltración de aguas subterráneas. Debido a que el drenaje, en muchas ocasiones, queda por debajo del nivel freático y, a que este sistema no trabaja a presión sino a flujo gravitatorio, se presenta la infiltración.

III.1.5 Desechos industriales, estos varían en tipo y volumen, dependiendo de la clase de industria. En algunos casos el volumen y características de los desechos, hace necesario que se dispongan en forma especial para su recolección y disposición. Estos suelen contener agentes espumosos, detergentes y otras sustancias químicas, que intervienen en la disposición final de las aguas residuales, además de dañar las alcantarillas y otras estructuras, por lo cual deben recibir un tratamiento preliminar antes de agregarse al sistema de alcantarillado.

### III.2.\_ CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL

Las aguas residuales, se componen de agua, sólidos disueltos y en suspensión. La cantidad de sólidos es pequeña, casi siempre menor al 0.1 % en peso, pero representa el mayor problema para el tratamiento y disposición adecuada.

Los sólidos totales que contienen las aguas residuales, se clasifican en dos grupos como se muestra:

- 1) Sólidos suspendidos.
  - a) Sedimentables:  
Orgánicos e inorgánicos.
  - b) Coloidales:  
Orgánicos e inorgánicos.
- 2) Sólidos disueltos
  - a) Disueltos:  
Orgánicos e inorgánicos.
  - b) Coloidales:  
Orgánicos e inorgánicos.

Los sólidos orgánicos, son de origen animal o vegetal, incluyen los desechos de la vida animal y vegetal, la materia animal muerta, organismos y tejidos vegetales y, algunos compuestos orgánicos sintéticos. Son sustancias que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, los principales grupos son las proteínas, hidratos de carbono y grasas, junto con sus productos de descomposición, ya que están sujetos a la degradación por la actividad de las bacterias.

Los sólidos inorgánicos, son sustancias inertes que no sufren degradación; se les conoce como sustancias minerales: arena, grava y, sales minerales del abastecimiento, que produce su dureza.

Las aguas residuales que contienen gran cantidad de sólidos orgánicos, se les llama aguas residuales fuertes y, a las que contienen pequeñas cantidades débiles. La concentración de sólidos orgánicos, es la capacidad que tienen las aguas residuales para degradarse o descomponerse.

Los sólidos suspendidos, son aquéllos que no son visibles a simple vista y, que pueden separarse por medios físicos o mecánicos, como la sedimentación y filtración. Incluyen las partículas flotantes mayores, como la arena, polvo, arcilla, sólidos fecales, papel, astillas de madera, partículas de alimento, basura y otros materiales similares.



Los sólidos sedimentables, son aquéllos cuyo tamaño o peso es suficiente para que se sedimenten en un periodo de tiempo determinado. Están constituidos, aproximadamente de un 75 % de sólidos orgánicos y el resto de inorgánicos.

Los sólidos coloidales, son la fracción de los sólidos suspendidos, que no pueden eliminarse fácilmente por medios físicos o mecánicos. Su composición es orgánica en dos terceras partes e inorgánica en el resto, se encuentran sujetos a una degradación rápida.

Sólidos disueltos. De los sólidos disueltos totales el 90 % están verdaderamente disueltos y el 10 % se encuentra en estado coloidal. El total de los disueltos, esta compuesto en un 40 % de orgánicos y el 60 % de inorgánicos. La porción coloidal, contiene mayor porcentaje de materia orgánica.

Los sólidos totales, son la suma de los orgánicos e inorgánicos, o de suspendidos y disueltos. En algunas aguas residuales domésticas, de composición media, cerca de la mitad de sólidos, son orgánicos y la otra mitad inorgánicos; aproximadamente dos terceras partes están en solución y la otra en suspensión. Esta relación puede alterarse por la adición de aguas pluviales, infiltración de agua subterránea y por la introducción de los desechos industriales.

Las aguas residuales varían tanto en composición como en volumen, de hora en hora y de acuerdo con los cambios de la actividad de la comunidad.

Las aguas residuales, contienen pequeñas y variadas concentraciones de gases disueltos, además del oxígeno; como el bióxido de carbono, que resulta de la descomposición de la materia orgánica; nitrógeno disuelto, de la atmósfera; ácido sulfhídrico, que forma parte de la descomposición de los compuestos orgánicos y algunos inorgánicos del azufre; líquidos volátiles, que hierven a menos de 100 grados, como la gasolina.

### III.3.\_ COMPOSICION BACTERIOLOGICA

Las aguas residuales, contienen innumerables organismos microscópicos vivos. Son la parte viva natural de la materia orgánica, del agua residual. Su presencia es de suma importancia, ya que son uno de los motivos para el tratamiento y, el éxito depende de su actividad en la degradación y descomposición del agua residual.

Estos organismos pertenecen a dos grupos generales, las bacterias y otros organismos más complejos.

Las bacterias constan de una sola célula, pueden ser móviles o inmóviles; requieren de alimento, oxígeno y agua y, solo pueden existir, cuando el medio que los rodea les provee sus necesidades. Se clasifican en dos grupos principales, en parásitas y saprofitas.

Las bacterias parásitas, que tienen importancia en las aguas residuales, provienen del tracto intestinal de personas y animales. Estas pueden producir compuestos tóxicos y venenosos; llegan de los muebles sanitarios de personas afectadas por enfermedades como la fiebre tifoidea, disentería y el cólera. La presencia de estos microorganismos en las aguas residuales, es una de las razones por las que deben colectarse, tratarse y disponerse de manera segura, para evitar la transmisión de una persona a otra.

Las bacterias saprofitas, son las que se alimentan de la materia orgánica muerta, descomponiendo los sólidos orgánicos y produciendo sustancias de desecho no tóxicas. Por su actividad son de suma importancia en los métodos de tratamiento de aguas residuales, ideados para facilitar o acelerar la descomposición natural de los sólidos orgánicos.

Todas las bacterias necesitan oxígenos. Algunas solamente pueden utilizar el disuelto en el agua, como las bacterias aerobias; el proceso de degradación, se realiza sin que se produzcan condiciones y olores desagradables. Otras toman el oxígeno de los sólidos orgánicos, siendo la degradación putrefacta, produciendo condiciones y olores desagradables.

Otros organismos microscópicos, como el virus de la hepatitis que se desarrolla en el intestino del hombre, tienen importancia, ya que son agentes causantes de enfermedades y que van a formar parte de las aguas residuales.

### III.4.\_ VOLUMENES DE APORTACION

El volumen de aportación de agua residual de una comunidad, depende de la población, características de la zona, uso del agua, condiciones del agua subterránea, de los materiales y tubos del sistema de alcantarillado.

La cantidad del agua residual, que se vierte al sistema de drenaje es del 60 al 70 % del agua proporcionada por el sistema de abastecimiento. No llega al sistema de alcantarillado toda el agua suministrada, debido a las pérdidas en la tubería de distribución, al riego de jardines, lavado de automóviles y, a la consumida en los procesos industriales; pero se tienen aportaciones de los abastecimientos particulares de agua, de la infiltración de agua subterránea, superficial y pluvial a la tubería del sistema de alcantarillado.

El volumen de escurrimiento de aguas residuales, de cualquier localidad, varía con la estación del año, la hora y otras condiciones. La capacidad de conducción del sistema de alcantarillado, debe ser suficiente para conducir el gasto máximo y, construirse con una pendiente que no permita la sedimentación, en los periodos de gasto mínimo.

Las variaciones de volumen de agua residual, afecta el proyecto y funcionamiento de los equipos de bombeo. Las principales causas de estas variaciones, en los climas templados, son: la temperatura, la lluvia y ocasionalmente los incendios. El uso del agua para aire acondicionado, ha venido a ser un problema de sobrecarga al sistema de alcantarillado, cuando estos no han sido calculado para este servicio.

La infiltración, es la filtración de agua del terreno al interior del drenaje, y la exfiltración, es la filtración de agua del drenaje al terreno. Las dos condiciones son inconvenientes; la primera porque se reduce la capacidad de conducción y, la segunda porque en la mayor parte de los casos de contaminación del terreno y aguas subterráneas se produce por esta condición. Ambas pueden evitarse construyendo juntas impermeables.

Los volúmenes de aportación, por el escurrimiento de los tejados, el drenaje superficial de jardines y patios y, de otro tipo similar, no se han determinado satisfactoriamente, por la dificultad que existe para expresar su magnitud de un modo exacto; pero deben considerarse en la proyección del sistema de drenaje.

Para determinar el volumen de agua residual, que habrá que evacuar, se estima: el periodo futuro para el cual deben proyectarse las conducciones, la población futura, áreas probables de anexión, el consumo probable de agua, los gastos máximos y mínimos; la infiltración máxima y la aportación de agua superficial, que sumados al gasto máximo dan la capacidad requerida para los conductos de proyecto.

### III.5.\_ DESALOJO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales, se colectan de las casas habitación, por medio de tubos llamados albañales, estos descargan a laterales; los tubos que reciben el agua de los laterales se conocen como ramales y, lo entregan al tubo principal; a intervalos frecuentes se instalan pozos de visita para permitir el acceso para limpieza e inspección del sistema de alcantarillado. El sistema de alcantarillado transporta el agua residual a la planta de tratamiento o a su disposición.

La evacuación de las aguas residuales comprende su descarga en un río o en una masa de agua y, sobre o bajo la superficie del terreno. La descarga puede hacerse con o sin un tratamiento previo, según la capacidad de purificación del cuerpo receptor. La descarga en agua, es más común, se le conoce como dilución. La descarga en terreno, se le llama por riego a manto o inundación. La descarga superficial o subterránea, se aplica a pequeñas cantidades de agua residual, generalmente no se aplica.

La evacuación por dilución, consiste en descargar aguas residuales naturales o procedentes de las instalaciones de tratamiento, en una masa o corriente de agua de suficiente magnitud, para que no produzcan daños considerables al cuerpo receptor y a la salud pública. Es necesario conocer las condiciones que se requieren, para comprender los objetivos de los procesos de tratamiento. Entre las condiciones necesarias tenemos: la existencia de corrientes adecuadas, que eviten la sedimentación y conduzcan las aguas residuales lejos de la comunidad, antes de que se inicie la putrefacción; o una masa de agua, suficientemente rica en oxígeno disuelto, para evitar la putrefacción y mantener la vida acuática; un tipo de aguas residuales frescas; ausencia de corrientes de retroceso o remansos tranquilos, que favorezcan la sedimentación. Algunas condiciones que deben evitarse son: los olores desagradables, debido a la formación de bancos de lodos; el desprendimiento de gases sépticos, como el ácido sulfhídrico; los sedimentos sobre las orillas; el excesivo agotamiento del oxígeno disuelto; el cambio de color permanente; la presencia de restos o peces muertos y, materia flotante o en suspensión.

En la mayor parte de los casos, debe impedirse que penetren organismos patógenos en las aguas superficiales, para evitar la propagación de enfermedades. Es inadecuado tomar agua para abastecimiento, de una corriente que reciba descarga de aguas residuales, por más cuidadosos que hayan sido los tratamiento del agua residual.

El grado de contaminación, que puede tolerarse de una masa de agua, depende del uso que se le vaya a dar. Los posibles usos son: para el mantenimiento del estado natural, alimento, conservación de la vida acuática, riego agrícola, abrevadero de ganado, abastecimiento para uso industrial y de recreo, comercial como la navegación.

### III.6. PELIGROS QUE REPRESENTAN LAS AGUAS RESIDUALES

En las aguas existen cinco clases de organismos, capaces de infectar al hombre y son: las bacterias, protozoarios, helmintos, virus y hongos.

Entre las infecciones bacterianas de origen hídrico se encuentran: la fiebre tifoidea, el cólera, fiebre paratifoidea, disentería bacilar, tularemia y la enfermedad de Weil, esta última se atribuye a la natación o vadeo en corrientes y lagos contaminados.

Las infecciones de origen hídrico por protozoarios, se asocia con la invasión de contaminantes a los sistemas de distribución, por flujo a contracorriente, desde los sistemas domésticos de drenaje y, por conexiones cruzadas con suministro inseguro de agua.

Las infecciones por helmintos, puede llegar a la corriente desde portadores humanos o animales y, solo ocurre en condiciones muy insalubres o por la deficiencia en la remoción de aguas residuales; por la irrigación con agua residual. La cosecha que se consume cruda, puede transmitir cualquiera de las lombrices intestinales comunes. La irrigación de pastizales, con agua residual, puede infectar al ganado y, éste al hombre.

Infecciones hídricas por virus. Dos de los seis grupos de virus, además del de la hepatitis infecciosa, producen síntomas entéricos en el hombre, las manifestaciones más comunes son: irritación de la piel; molestias respiratorias; inflamación de los órganos del cuerpo, como el cerebro, pulmones, corazón e hígado. El agua es la causa número uno de brotes de hepatitis, de abastecimientos altamente contaminados por fuentes cercanas de agua residual.

Las aguas y lodos residuales, diseminan las enfermedades entéricas y, con ello aumentan las infecciones posibles. Las formas más comunes de transmisión, aparte del agua de abastecimiento, son: mediante los berros y moluscos, que se han cosechado o almacenado en agua contaminada con agua residual; a través de frutas y verduras contaminadas por heces fecales, agua y lodo residual; mediante toda clase de alimentos contaminados, por moscas y otros bichos que se alimentan de materia fecal; a través de la leche y productos lácteos contaminados por utensilios que se han lavado con agua contaminada; por pescados y cangrejos, procedentes de agua contaminada, que se comen crudos; mediante baño y otras exposiciones a aguas contaminadas.

Otra cadena infecciosa enlaza a la tuberculosis con la leche de vacas infectadas, que bebieron en corrientes contaminadas con agua residual; las infecciones de ojos, nariz y garganta con albercas muy frecuentadas; las enfermedades entéricas, en general, con la falta de servicios para lavarse las manos y, métodos primitivos de remoción de materia fecal.

Por lo anterior se hace necesario contar, además de un buen sistema de abastecimiento de agua potable y recolección y disposición de las aguas residuales, con un sistema de tratamiento que garantice la salud pública y ambiental.



**IV. GENERALIDADES DE DISEÑO DE PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL MUNICIPAL**

**C O N T E N I D O**

IV.1	Consideraciones. . . . .	40
IV.2	Lista de Revisión Para el Diseño . . . . .	41
IV.3	Ubicación de la Planta . . . . .	50
IV.4	Distribución de la Planta. . . . .	51
IV.5	Planos y especificaciones. . . . .	53
IV.6	Escalamiento en la Construcción. . . . .	54
IV.7	Otras características Importantes. . . . .	56

#### IV.1\_ CONSIDERACIONES

En las relaciones humanas interactúan personas de diferentes actividades y estudios técnicos y profesionales, que intervienen en la toma de decisiones. Por lo cual el ingeniero debe presentar su proposición ó proyecto de manera clara, describiendo lo que se va a hacer y porque. Debe recopilar y ordenar de manera lógica todos los datos pertinentes en todos los niveles : económico, legal, político y ecológico entre otros, además de preparar mapas bien ilustrados que le ayuden a presentar lo que propone.

La comprensión y aprobación del proyecto tiene mucha relación con la habilidad que tenga el ingeniero para responder en forma clara y completa las preguntas.

Es importante la intervención de un ingeniero especialista en la preparación de estos datos y se debe contar con su participación activa durante todo el desarrollo del proyecto.

Las decisiones políticas, generalmente son tomadas con ayuda del ingeniero y deben tener fundamentos técnicos, ya que ambos son directamente responsables de ellas. El método de tratamiento, el tamaño de las unidades y materiales son por decisiones técnicas. La localización de la planta de tratamiento puede ser por decisión política si se cuenta con más de un sitio apropiado.

### III.2.\_ LISTA DE REVISION PARA EL DISEÑO

Una de las consideraciones más importantes, para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, es tener en cuenta la operación adecuada. El ingeniero proyectista puede tener poca experiencia en las necesidades y característica de una buena operación, además de no contar con los medios efectivos de comunicación entre él y el operador. Suele presentarse, que algunas características deseables para lograr una eficiente operación se desprecian, por que no se conocían o se pasaron por alto en el diseño.

Una revisión sistemática, del diseño de la planta ayuda a asegurar un mejor diseño, en lo que se refiere a la operación. Este método debe ser flexible para que las nuevas ideas puedan acondicionarse rápidamente, y fácil para ahorrar tiempo. El método que probablemente sea el mejor para lograrlo, es el criterio de una lista de revisión.

En la aplicación de las listas de revisión, se ha logrado acoplar la experiencia individual y la nueva información de un modo ordenado.

En la siguiente lista de revisión (\*), se enlistan las unidades básicas más comunes del proceso de tratamiento de aguas residuales. Cada unidad se divide en sus componentes, enumerando sus características, divididas en consideraciones funcionales y de operación.

Las consideraciones funcionales, en general, son el criterio que da las bases para el diseño de las unidades; este criterio se especifica en los estándares de los departamentos encargados de su construcción, y están sujetos a modificaciones de acuerdo a las condiciones individuales.

Las consideraciones de operación, que se enumeran, son el resultado de la experiencia en la operación que influye en la eficiencia, seguridad y economía de la planta.

No todos los temas listados se aplican necesariamente a una planta específica, se pretende que sirva para varias combinaciones de unidades de tratamiento.

(\*) Ingeniería Sanitaria

#### IV.2.1 GENERALIDADES

a) Aguas Negras: Tipo de drenaje: pluvial, sanitario combinado; Población servida: presente, de diseño... ; Flujos presentes: mínimo, promedio, máximo... ; Flujos de diseño: mínimo, promedio, máximo... ; Afluente : DBO de 5 días, sólidos en suspensión, desperdicios industriales... ; Requisitos del efluente: DBO de 5 días, sólidos en suspensión.....

b) Localización y Distribución: Distancia a la residencia más cercana, camino de acceso... ; Drenaje adecuado ...; Protección contra inundaciones... ; Cerca, paisaje... ; Barandales en tanques abiertos... ; Abastecimiento de agua, conexiones entre la tubería de agua y la de drenaje, hidrantes para baldeo de cada unidad...; Iluminación exterior : pasillos, válvulas exteriores, controles de motores, tanques abiertos, caminos... ; Consideraciones para futuras expansiones.

c) Alcantarilla de Entrada: Tipo... ; Tamaño... ; Elevación de la plantilla... ; Vertedor... ; Tipo de aforador...

d) Canales y Tuberías: Velocidades adecuadas mínimas, canales aerados... ; Extremos muertos, existe posibilidad que se acumulen sólidos flotantes, curvas de canal redondeadas... ; Válvulas y compuertas fácilmente accesibles... ; Desvíos para unidades no duplicadas... ; Largas líneas de succión evitadas, reductores excéntricos, casquetes de válvulas hacia arriba... ; Tubería con bridas interiores, accesorios ocasionales de campana, accesorios de muro provistos, holgura suficiente entre brida y muro... ; Tubería de caja y espiga exterior... ; Tubería de agua caliente: ventilación en puntos elevados, aislamiento, drenes en puntos bajos, tanque de expansión provisto ....

#### IV.2.2 EDIFICIOS DE SERVICIO

a) Espacio Para: Oficinas, laboratorios, cuarto de control, almacenes de reactivos, sanitarios, vestidores, duchas, comedor, cuarto para herramientas, taller...

b) Detalles Arquitectónicos : Iluminación, ventilación, calefacción, electricidad, agua, agua caliente, protección contra incendios, llaves de manguera, drenes del piso... ; El drenaje del edificio descarga a... ; Espacio para equipo de servicio, malacates, puertas suficientemente grandes para pasar el equipo...

c) Instalación del Laboratorio: Agua, agua caliente, gas, aire, vacío, electricidad, protección contra incendios, rociadores de seguridad...

d) Cuarto de Control : Controles de válvulas, controles de bombas, controles de motor... ; Indicadores y registradores : Afluente, efluente , recirculación , todo de retorno, pH, temperatura, presión y volumen de aire, presión y volumen de gas... ; Desconector interruptor de todo el equipo....

#### IV.2.3 TRATAMIENTO PRELIMINAR

a) Criba de Barras: Número... ; Tipo de limpieza: manual, mecánica... ; Ancho de canal, profundidad... ; Angulo de la criba con la dirección del flujo, diámetro de las barras, abertura entre barras, ancho efectivo, área efectiva con flujo de proyecto, velocidad a través de la criba... ; Pérdida de carga en la criba: mínimo, máximo... ; Tipo de control en el rastrillo mecánico... ; Losa o emparrillado para el acceso durante el servicio... ; Ancho adecuado de la criba para un rastrillado fácil, plataforma para las cribas, plataforma drenada... ; Almacenamiento de los cribados, método de disposición de los cribados... ; Desvío, derrame, hidrante para el baldeo... ; Rebajes del canal lechadeados... ; Espacio libre para el cerramiento suficiente para la superestructura... ; Motores e interruptores a prueba de explosiones si es necesario...

b) Desarenadores: Número... ; Tipo: manual, mecánico, aereado... ; Tamaño... ; Capacidad... ; Periodo de retención: flujo de proyecto promedio, flujo máximo, flujo presente promedio... ; Nivel del agua: máximo, mínimo... ; Velocidad: máxima, mínima, controlada por... ; Aire proporcionado por... ; Método para controlar la presión... ; Desvíos, dren provisto, hidrante para baldeo... ; Precauciones tomadas para limpiar los difusores de aire... ; Cortos circuitos evitados... ; Manejo de arenillas: lavadas... ; Instalación para deshidratación... ; Almacenamiento provisto... ; Método de disposición... ; Malacate para el manejo y eliminación de las arenillas... ; ¿El canal es lo suficientemente ancho para el equipo necesario para eliminar las arenillas?...

c) Trituradores : Tamaño... ; Tipo... ; Número... ; Localización... ; Velocidad en el canal de entrada: máxima, mínima, ancho de canal, profundidad... ; Nivel del agua: máximo, mínimo... ; Pérdida de carga : máxima, mínima... ; Acceso provisto para dar servicio a la unidad... ; ¿ Motores e interruptores a prueba de explosiones necesarios?... ; Desvío: hacia donde, derrame, compuertas o válvulas para desvío... , Dren provisto... ; Hidrante para baldeo...

d) Trituradores de Barras: Número... ; Ancho y profundidad del canal... ; Pérdida de carga en la criba: máxima, mínima... ; Diámetro de las barras, abertura entre barras... ; Velocidad a través de la criba, velocidad aproximada... ; Nivel de agua máximo, mínimo... ; Acceso provisto para dar servicio a la unidad... ; Espacio libre para el cerramiento suficiente para la superestructura, espacio para la unidad de fuerza... ; ¿ Motores e interruptores a prueba de explosiones necesarios?... Desvío, derrame, hidrante para baldeo... ; rebajes del canal lechadeados...

#### IV.2.4 ESTACIONES DE BOMBEO

a) Estación Precedida por : Cribas, desarenadores, trituradores, dispositivos para medir y registrar...

b) Pozo Sumidero o de Aspiración : Plantilla a el nivel del agua: mínimo, máximo... ; Longitud, ancho, profundidad, capacidad... ; Pozo de visita de acceso, escalones, ventilación, iluminación interior, pendiente de los pisos para la toma... ; Tubo de derrame, diámetro, salida de la plantilla a, el... ; ¿ Se puede drenar el pozo ? , ¿ Hacia dónde?... ; ¿ con desvío ? , ¿ Hacia dónde?... ; ¿ Descarga el efluente sobre la succión de la bomba?... ; Tubos flotadores lejanos de las líneas de entrada y succión...

c) Bombas : Número... ; Capacidad... ; Carga de operación... ; Tipo de control... ; Diámetro de la línea de succión, velocidad de la toma... ; Diámetro y velocidad de la línea de descarga... ; Plantilla de entrada y descarga... ; Carga de succión positiva, provisiones para cebadura... ; Tomas separadas para cada bomba, codos en la toma... ; Válvulas de compuerta en la toma, válvulas de compuerta en la descarga, válvulas de retención en la descarga... ; Bomba de emergencia provista, capacidad, potencia... ; Desconector interruptor para cada bomba... ; Potencia auxiliar...

d) Pozo Seco y Edificio de Control : Escaleras... ; Ventilación forzada... ; Iluminación... ; Calefacción... ; Dren del piso... ; Bomba de sumidero... ; Bomba cerrada con agua... ; Alambrado a prueba de explosiones... ; Espacio para tablero de control... ; Abertura en el piso para retirar la bomba, malacates provistos... ; Espacio alrededor de las bombas para servicio... ; Abastecimiento de agua para evitar conexiones entre el drenaje y la tubería de agua...

#### IV.3.5 Tanques de Sedimentación

a) Estructura del Tanque : Número... ; Tipo : primario, secundario... ; Forma, área, profundidad, capacidad... ; Rapidez de vertido... ; Tiempo de retención... ; Elevación de la superficie del agua... ; Longitud del vertedor del efluente... ; Carga del vertedor... ; Sobrebordo... ; Pendiente del piso... ; Superficie donde se puede colectar la espuma o la nata... ; ¿ Se puede drenar el tanque ?, ¿ hacia dónde ?, ¿ Se puede usar un desvío en el tanque ?, ¿ hacia dónde ?... ; Volumen de la tolva de lodos, pendientes de las paredes laterales de la tolva, dimensiones del fondo... ; ¿ Se puede poner una barredora de goma a la tolva ?... ; Tamaño del canal o tubo de afluente, velocidad... ; ¿ Se evitan los extremos muertos ?... Número de puertas de entrada... ; ¿ están sumergidas las puertas ?... ; Desviadores de entrada... ; Desnatadores mecánicos proporcionados, desviadores para desnatar... ; Artesa de espuma, tubo colector de espuma ranurado... ; Foso de espuma, dren del foso de espumas... ; ¿ Es ajustable el vertedor del efluente ?... ; ¿ Se tienen pasillos y pasamanos ?...

b) Captación y Eliminación de Lodos : Colectores mecánicos de lodos, tipo... ; ¿ Se puede controlar la extracción de lodos de cada tolva ?... ; Pozo de lodos proporcionados, tubo de extracción telescópico... ; ¿ Pueden entrar los lodos al pozo mientras se bombea ?... ; Tipo de bomba de lodos, número, capacidad, carga de succión positiva, tipo de control... ; ¿ Cámara de aire en la descarga de las bombas de pistón ?... ; Diámetro del tubo de extracción de lodos, válvula de muestreo, tamaño... ; ¿ Se pueden formar bolsas de aire en una línea de succión de lodos ?... ; Espacio suficiente para dar servicio al equipo mecánico... ; ¿ Tienen las bombas tubos intercambiables ?...

#### IV.2.6 FILTROS PERCOLADORES

a) Tanque y Medio Filtrante: Alta velocidad, velocidad estándar... ; Número, diámetro, área, profundidad... ; Intervalo de dosis, velocidad de recirculación, profundidad del medio... ; Carga hidráulica: máxima, mínima... ; Tipo de Medio: tamaño... ; Elevación de la plantilla... ; Medidor de flujo... ; Tuberías de desvíos... ; Previsiones para inundaciones..

b) Drenes Inferiores y Colectores: Área de las aberturas de entrada, porcentaje, pendiente del piso, área recta, materiales... ; Pendiente del canal del efluente, área recta, velocidad del flujo... ; ¿ Se tiene ventilación ?... ; Acceso al canal del efluente, previsión para el lavado de los drenes inferiores...

c) Distribuidor : Carga de descarga... ; Tamaño de los orificios, espaciamento... ; Holgura entre el brazo y el medio... ; ¿ Son ajustables los orificios ? ... ; Compuertas giratorias en los extremos de los brazos, dren para deshidratación...

#### IV.2.7 TANQUES DE AERACION

a) Estructura del Tanque: Tipo de aireación, número de tanques... ; Longitud, ancho, profundidad, volumen, tiempo de retención... ; Elevación de la superficie del agua, libre bordo... ; ¿ Se puede drenar el tanque ? , ¿ Desviar ?... ; Tipo de malacate... ¿ Es apropiado el pasillo para el malacate ? , espacio libre adecuado para levantar los difusores... ¿ Se puede controlar el afluente ?... ; Previsiones para el control de espuma: tubo rociador, alimentadores de productos químicos... , Longitud del vertedor del efluente, carga... ; ¿ Es ajustable el vertedor ?... ; Es suficiente el vertedor ?... ; Velocidad en el canal del efluente... ; ¿ Está aireado ?... ; Hidrante cercano...

b) Canal del Afluente: Ancho, profundidad, libre bordo... ; Velocidad mínima... ¿ El canal está aireado ?... ; Extremos muertos evitados, provisiones para la eliminación de la espuma... ; ¿ Las puertas de entrada están sumergidas ?... ¿ Las puertas de entrada descargan contra los tubos difusores ?... ; El canal cuenta con : medidor de flujo, conexiones para el desvío... ; ¿ Puede desviarse el tanque primario hacia el aireador ?...



c) Lodos de Retorno : DBO de 5 días del afluente, Peso de los lodos de retorno... ; Porcentaje de flujo de desperdicio... ; Concentración de sólidos en el licor mixto, peso de los sólidos totales... ; ¿ Se cuenta con caja de división de lodos?... ; Los lodos de retorno se aerean, clorinan... ; Punto del retorno de los lodos... ; Tipo de bamba de lodos, capacidad, carga de succión positiva... ; Diámetro del tubo de lodos, velocidad... ; ¿ Se pueden observar los lodos de retorno ?, muestrear, controlar... ; Bomba de emergencia provista, medidores...

d) Difusores : Tipo de difusor, material, permeabilidad... ; Area de la placa del difusor... ; Espaciamiento máximo del tubo difusor, altura sobre el suelo... ; Trayectoria del flujo en el tanque, velocidad transversal, velocidad longitudinal...

e) Tubería de Aire y Ventiladores : Número de ventiladores, tipo, capacidad, emergencia... ; Volumen de descarga de aire ¿ Se puede regular la eficiencia?... ; Velocidad de succión, velocidad de descarga... ; Válvula de alivio, presión de aire de operación, pérdida por fricción... ; Válvula de cierre en la descarga, válvula de retención... ; Tipo de difusores de aire... ; ¿ Se mide la pérdida de carga?... ; ¿ Se tiene silenciadores en la tomas?... ; La cimentación en los ventiladores está aislada del piso... ; Tamaño del ducto principal de aire, velocidad, pérdidas de carga... Tamaño de las válvulas secundarias, reguladores... ; Medidores de aire para cada tanque, manómetro en ducto principal... ; ¿ Están recubiertos los interiores del tubo...

#### IV.2.8 CLORADORES

a) Edificio: Edificio separado... ; Cuarto de cloro aislado, acceso solamente por el exterior... ; Las puertas abren hacia afuera... ; Rejillas de ventilación en el fondo, ventilación forzada... ; Cambio de aire por minuto, control del abanico en el exterior... ; Ventanas de observación fijas... ; Espacio para el almacenamiento de cilindros, malacates, básculas... ; Provisiones para la calefacción...

b) Tanques de Contacto y Alimentadores : Capacidad del tanque, tiempo de contacto... ; Residuo de cloro, rapidez de extracción del gas... ; Tanque con: dren, derivación, desviadores, medidor de flujo... ; Tipo de alimentador , tipo de control del alimentador... ; Material del tubo alimentador... ; Abastecimiento de agua protegido contra conexiones entre desague y agua...

#### IV.2.9 DIGESTORES

a) Estructura y Equipo : Tipo: rápido, estándar, calentados, sin calentar, primarios, secundarios... ; Número de unidades... ; Profundidad, diámetro, capacidad... ; Volumen de lodos, tiempo de digestión... ; Libre bordo, tipo de cubierta... ; Pozos de acceso en el techo, escalones MH al tanque, MH en los muros, cubiertas MH herméticas a gas y agua provistas... ; Escaleras al techo, iluminación en el techo... ; Tubo para el derrame del sobrenadante, ventilado contra el sifonaje... ; Selector del sobrenadante en el tubo de decantación, descarga a... ; Tubo decantador de lodos: tamaño, distancia a la entrada, descargas a... , conexiones previstas para el lavado, tipo de válvulas de lodos... ; Pendiente del piso... ; Provisiones para romper la nata, provisiones para el agitado o recirculación de lodos... ; ¿ Se cuenta con un pozo termómetro?... ; ¿ Se puede desviar el tanque?... ; ¿ Drenar?... ; Se cuenta con una laguna para emergencia?... .

b) Calentamiento: Temperatura de lodos... ; Tipo de cambiador de calor, agua caliente ó vapor... ; capacidad de la caldera, capacidad de la bomba de circulación... ; Espacio suficiente para la limpieza del cambiador de calor... ; Tanque de expansión... ; ¿ Están ventilados los puntos altos de las líneas de agua?... ; Controles automáticos, válvulas de mezclado automático... ; Termómetros... ; Válvulas reguladoras de presión del agua...

c) Captación y Uso del Gas: Gas utilizado, desperdiciado... ; Capacidad del quemador... , Presión máxima de gas... ; Válvulas aliviadoras de presión, válvula rompedora de vacío... ; Líneas de gas: diámetro, trampa de condensado, manómetros, medidores, trampas de flama... ; Retenedor de gas : tipo, capacidad, número de compresores...

d) Galería : Iluminación, ventilación, alumbrado aprueba de explosiones... ; Sumidero de muestreo, indicador del nivel del líquido, indicador de la temperatura de los lodos... ; Hidrante, drenaje del suelo, bomba de sumidero, descarga a... ; Holgura adecuada de los tubos, tubería con código de colores...

## 2.10 DESHIDRATACION DE LODOS

a) Camas de Secado : Número, área total... ; Elevación de la parte superior de la arena, profundidad de la arena, profundidad de la grava... ; Pendiente de la tubería de descarga de lodos, ventilada para drenes... ; Pendiente del canal de distribución... ; ¿ Se drena?... ; Puertas de cierre para eliminar extremos muertos... ; Válvula de distribución, salpicaderos... ; Altura de la descarga de los lodos sobre la arena... ; Drenes inferiores : tamaño, espaciamiento, pendiente, ventilado... ; Lo drenado interiormente regresa a... ; Provisiones para la eliminación de lodos... ; ¿ Están cubiertas las camas ?...

b) Deshidratación Mecánica : Lodos crudos, lodos digeridos, número de filtros, tamaño, área total... ; Alimentación y almacenamiento de productos químicos: hierro, cal... ; Disposición de lo filtrado, manejo de la torta... ; Disposición de la torta : Incineración, secado, otros...

### IV.3. UBICACION DE LA PLANTA

Los factores determinantes en la ubicación de la planta son: la topografía, la cimentación y los riesgos físicos. Los costos de construcción, de las plantas que operan con mucha pérdida de carga, se pueden reducir si se coloca en la ladera de una colina.

Las condiciones de cimentación son importantes, tanto durante la construcción como, después de ella. Los sitios húmedos se deben drenar durante la construcción y, una vez terminada la estructura, según sea el caso, deberá lastrarse para contrarrestar el empuje hidrostático. Si el terreno es pobre, la estructura debe colocarse sobre pilotes o losas de cimentación. La construcción de la planta en sitios rocosos tiene un costo elevado.

La inundación es un peligro para las plantas de tratamiento construidas próximas al canal de descarga, que en ocasiones conducen volúmenes, de agua residual, de magnitud considerable. Para proteger la estructura del nivel máximo del agua, puede calcularse con la inundación estadísticamente esperada para 1,000 años o más. Algunas formas de proteger las plantas con probabilidad de inundación son:

- a) Construir las por encima del nivel máximo de agua esperado.
- b) Rodearlas con diques.
- c) Construir herméticamente las estructuras de los sótanos.
- d) Ubicar el equipo delicado sobre el nivel de inundación esperado.

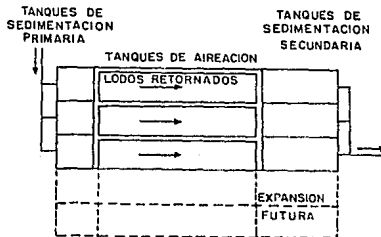
La instalación de los diques, alrededor de la planta, requiere la construcción de un sistema adecuado de drenaje y una estación de bombeo para el efluente de la misma y de las aguas de tormenta. Los terremotos, deslaves de tierra y roca y, los incendios son riesgos físicos que se deben considerar en el diseño para tener una protección.

#### IV.4.\_ DISTRIBUCION DE LA PLANTA

IV.4.1 Distribución Unitaria. En la distribución unitaria se diseñan las estructura componentes del sistema de tratamiento en unidades autocontenidas.

Las ventajas que se obtienen son, ahorro en el diseño de los muros, que sirven en común para unidades adyacentes; se reducen al mínimo las tuberías, válvulas y conexiones; se eliminan pasos innecesarios; y no existe interferencia cuando alguna necesita mantenimiento ó reparación.

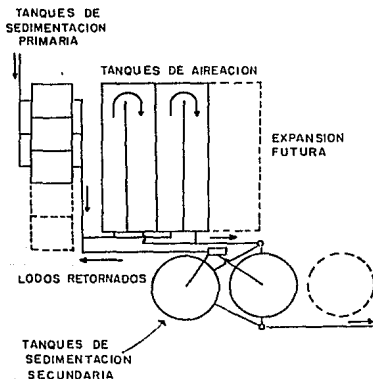
Las desventajas son, entre otras, que llegado el momento de aumentar la capacidad, es necesario agregar una replica completa de la unidad; se hace necesario poner fuera de servicio a la unidad completa, para dar mantenimiento ó reparación a cualquiera de sus componentes; se hace difícil la modificación de algún componente individual.



Distribución Unitaria de una Planta de Tratamiento

IV.4.2 Distribuciones Funcionales. En la distribución funcional se diseñan en paralelo los componentes múltiples de los sistemas de tratamiento, incluyendo las estructuras para agregar componentes del mismo tipo.

Las ventajas que se obtienen consisten en : flexibilidad en la operación; economía en la construcción, mediante el dimensionamiento óptimo de las unidades múltiples del mismo tipo ; ajuste de los componentes de la planta a un sitio; centralización de los suministros y servicios comunes o compartidos; y una selección de los componentes más efectivos.



Distribución Funcional de una Planta de Tratamiento

#### IV.5.\_ PLANOS Y ESPECIFICACIONES

Los planos de la planta deben mostrar claramente lo que se tiene que hacer, dibujándose todos los detalles necesarios para su comprensión. Deben mostrar: localizaciones, secciones y perfiles, y todos los datos que ayuden a tener el presupuesto de construcción. Otros detalles importantes son conexiones a estructuras existentes y localizaciones de tuberías. Si es necesario deben hacerse los dibujos a gran escala, de estas conexiones, para asegurar la factibilidad de la planta.

Las especificaciones deben ampliar la información de los planos, y cuando así se requiera se deben describir los métodos de construcción que se tienen que emplear.

Las especificaciones se pueden agrupar en tres grupos, precedidas por la forma de contratación:

- a) Se refiere a las relaciones entre el contratante y el contratista.
- b) Se refiere a los materiales y equipo que se van a utilizar.
- c) Se refiere al equipo especial y a su empleo en la estructura de la planta.

El método y frecuencia de pagos, y los porcentajes del pago que se retienen deben estar claramente especificados en el contrato.

Debido a que existen muchas clases y tipos de equipo, que varían en precio y calidad, en las especificaciones se debe evitar la leyenda de " o igual calidad " e indicar las tres o cuatro marcas de equipo más apropiadas para el trabajo. Esto evita que el contratista adquiera el equipo, de precio más económico, de calidad por abajo de la requerida. El contratante o la supervisión deben reservarse la aprobación de la compra e instalación de cualquier pieza del equipo que no esté especificada.

#### IV.6. ESCALONAMIENTO EN LA CONSTRUCCION

Son pocos los proyectos, de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que son claramente determinados y directos en su posible futuro desarrollo, que justifiquen la adopción de un solo período de desarrollo. Para lograr la optimización, se puede requerir de un escalonamiento en la capacidad y aumento progresivo del tratamiento (\*). Se deben resolver en cada etapa, la capacidad, los gastos de construcción, el financiamiento, la capacidad y nivel de tratamiento, y los gastos de servicio. Debe considerarse la dificultad y costo de la implantación de las nuevas tecnologías, comparadas con el funcionamiento y costo de la aplicación del mismo sistema.

Teóricamente se puede planear " la trayectoria óptima de tratamiento " (\*\*), para la cantidad y calidad del agua tratada, los costos del terreno, energía, y mano de obra, entre otros, una vez establecidos los costos y eficiencias del sistema de tratamiento.

Las aguas residuales que llegan al sistema de tratamiento, varían estacional, mensual, diaria y horariamente, no sólo en volumen, sino también en calidad y concentración. Por esto las plantas deben diseñarse para trabajar con los gastos máximo diario y horario críticos, según sea el alcancé del período de diseño. Como la capacidad de diseño de la planta se basa en la estimación de las condiciones críticas que se encuentren, debe hacerse compatible el diseño de la planta con y los programas de operación, esto se logra con:

- a) Tomando las previsiones para utilizar capacidades en exceso, mientras se amortiguan los extremos extraordinarios de gastos.
- b) O considerando la posibilidad de emplear un tratamiento suplementario que pueda contrarrestar las condiciones de gasto máximo o los cambios bruscos en la calidad y concentración del agua residual.
- c) La compensación de variaciones similares, mediante la sincronización de la descarga de las aguas residuales de la industria.
- d) Mediante la adición de coagulantes químicos a las aguas residuales antes de que lleguen a la planta de tratamiento.

(\*) Anton Muhich, Staging of Water Treatment Plants, Ph D. Dissertation Harvard University, Marzo 1966

(\*\*) Sec. 5-2 Vol. 1 Ingeniería Sanitaria y Aguas Residuales



Los detalles del diseño, generalmente están regidos por las dimensiones y especificaciones del equipo. Una vez establecidos el método de tratamiento y el equipo correspondiente, se deben obtener todos los datos necesarios para su correcto funcionamiento. Se recomienda pedir información de equipo producido por tres ó más fabricantes, y no limitarse únicamente a uno.

## IV.7.\_ OTRAS CARACTERISTICAS IMPORTANTES

IV.7.1 La Instalación Eléctrica. Requiere el trazo de planos que indiquen las unidades principales, la carga total de alumbrado y fuerza, la demanda máxima calculada y el tamaño del motor más grande. Generalmente es suficiente una sola fuente de alimentación, excepto cuando una breve interrupción de la corriente ocasione serias alteraciones; para evitar esto se puede instalar una fuente de energía con transferencia manual o automática de emergencia. En los planos deben indicarse, también, los transformadores y subestaciones.

IV.7.2 El Alumbrado General, Es un alumbrado directo, mediante dispositivos elevados, generalmente se instalan en oficinas y laboratorios, ya que éstos no producen reflejo. En las oficinas y laboratorios, en los que se requiere controlar la humedad y la temperatura, los dispositivos de alumbrado deben ser a prueba de vapor y humedad. En las salas de servicio a los digestores o similares, se requiere de dispositivos a prueba de explosión y de humedad.

Los caminos, pasillos, escaleras, entradas a edificios, corredores, túneles, además de estar bien iluminados deben contar con alumbrado contra inundación y de emergencia.

IV.7.3 Sistema de Abastecimiento de Agua. Los sistemas de agua potable, se deben proteger del contraflujo, en todas las partes en que se conecte al equipo hidráulico (\*). La tubería de agua potable, de los sistemas duales o múltiples, también debe protegerse contra las conexiones cruzadas con otras redes, ya que pueden conducir agua residual (\*\*).

IV.7.4 Material y Equipo. Entre los materiales más usados, se encuentra el cemento Portland Normal Tipo I, pero cuando el concreto va ha estar expuesto a sulfatos, se recomienda emplear el Tipo II.

El hierro fundido para tuberías a presión, el barro vitrificado, y el concreto o asbesto-cemento para tuberías que trabajan a gravedad, son materiales que se pueden emplear en plantas pequeñas. El acero soldado para tuberías a presión, el recubrimiento con losas y emparrillados para los canales abiertos son materiales necesarios para plantas grandes.

(\*) Sección 2-7 (\*\*) Sección 2-9, Vol 1 Ingenieria Sanitaria y Aguas Residuales

IV.7.5 Túneles de Servicio. Su función consiste en facilitar el acceso al área de tuberías, su construcción se justifica en plantas grandes. Las uniones flexibles, en cada tramo de tubería facilita la construcción y la reparación, además absorben los asentamientos no uniformes, la vibración de bombas y otras máquinas.

IV.7.6 Estructuras Metálicas. La construcción de estructuras metálicas, incluye: los pernos de anclaje, que comúnmente se fijan a elementos precolados, para sujetar el equipo a los pisos de concreto y a los muros de los tanques; las losas y emparrillados de pisos para proporcionar el acceso a los canales y otros espacios; parrillas de acero o aluminio para escaleras de acceso y barandales; placas de derrame para los canales; entre otros.

IV.7.7 Recubrimientos. Se recomienda el empleo de recubrimientos protectores en las superficies metálicas interiores de las unidades de operación, que incluyen lavados con ácido, para la remoción de la escoria de fabricación, en la preparación de la superficie para lograr una buena adherencia de las capas de pintura; capas primarias de inhibidores de oxidación para el acero; recubrimiento alquitrán de hulla y pintura bituminosa para las superficies de acero sumergidas; y recubrimiento bituminoso, pintura con base hule y película de vinilo para el concreto sumergido, además de la impermeabilización.

IV.7.8 Dispositivos de Seguridad. Los dispositivos de seguridad incluyen la colocación apropiada del equipo para la operación y reparación.; escaleras inclinadas, evitando las verticales; Tableros eléctricos protegidos; alumbrado y accesorios eléctricos de seguridad; ventilación para asegurar el desplazamiento natural de aire; espacio superior libre, adecuado a los lugares y movimientos de trabajo; rejas y barandales en tanques y lugares peligrosos; botiquín de primeros auxilios y camillas; extinguidores de incendio; alarmas de gas e incendio; ventiladores portátiles de emergencia en estaciones bien localizadas y señaladas (\*)

(\*) American Water Works Association, "Safety Practice for Water Utilities", Nueva York 1955.

## V. METODOS DE TRATAMIENTO

### C O N T E N I D O

V.1	Métodos de Tratamiento. . . . .	59
V.2	Tratamiento Preliminar. . . . .	61
V.3	Tratamiento Primario. . . . .	63
V.4	Tratamiento Secundario. . . . .	65
V.5	Tratamiento Terciario . . . . .	73
V.6	Tratamiento de Lodos. . . . .	75

## V.1.\_ METODOS DE TRATAMIENTO

Entre los objetivos del tratamiento de aguas residuales, tenemos la: conservación de los recursos naturales, protección de los medios naturales de recreo, prevención de la salud pública y, como una alternativa para satisfacer la demanda de agua en sus diferentes usos.

Los tratamientos más importantes para aguas residuales, se basan en procesos biológicos, en el que intervienen microorganismos que degradan los compuestos orgánicos y remueven la materia orgánica. Existen otros tipos de tratamiento, como los físico-químicos, pero los sistemas biológicos resultan ser los más económicos.

Para aplicar los métodos biológicos, es necesario comprender el proceso y condiciones en que los microorganismos, actúan en el proceso de tratamiento. Los parámetros principales, para determinar la calidad del agua residual son la cantidad de: materia orgánica, se mide en términos del oxígeno equivalente por medio de la prueba de la "demanda bioquímica de oxígeno" (DBO), que es la cantidad de oxígeno requerida durante la degradación de la materia orgánica e inorgánica; de bacterias coliformes, que son un indicativo de contaminación patógena; sólidos suspendidos y disueltos, Ph, temperatura y sustancias tóxicas entre otros.

Para determinar el tipo de tratamiento (\*), se debe determinar la cantidad y calidad del agua residual. Una síntesis de los pasos a seguir, para determinar el tipo de tratamiento es:

- a) Medición y muestreo del caudal del agua residual mediante métodos adecuados.
- b) Análisis de laboratorio, para determinar las características del agua residual.
- c) Investigación a nivel de planta piloto, del sistema de tratamiento óptimo.
- d) Diseño a escala de prototipo, con los resultados obtenidos de la planta piloto.
- e) Inicio de operación de la planta, para hacer los ajustes necesarios para una operación rutinaria.

(\*) Biological Water Treatment, W.W. Eckenfelder Jr. and D. J. O'Connor; Pergaman Preff 1961.

EL grado de tratamiento que se da a las aguas residuales, varía de acuerdo al empleo para el cual esté destinada. La eliminación de los contaminantes del agua residual puede ser por medios físicos, químicos y biológicos. Los medios de tratamiento en donde se aplican predominantemente fuerzas mecánicas se les denominan Operaciones Unitarias. Los medios de tratamiento en los que la eliminación se logra mediante la adición de productos químicos o por la actividad biológica se les denomina Procesos Unitarios. Los principales métodos de tratamiento son:

I) Físicos (Operaciones Físicas Unitarias)

- 1) Desbaste
- 2) Mezclado
- 3) Floculación
- 4) Sedimentación
- 5) Flotación
- 6) Elutriación
- 7) Filtración al vacío
- 8) Transmisión térmica

II) Químicos (Procesos Químicos Unitarios)

- 1) Precipitación química
- 2) Transferencia de gases
- 3) Adsorción
- 4) Desinfección
- 5) Combustión
- 6) Intercambio iónico
- 7) Electrodiálisis

III) Biológicos (Procesos Biológicos Unitarios)

- 1) Procesos de Flóculos Suspendidos
  - a) Lodos activados
  - b) Lagunas de oxidación
  - c) Proceso de zanjas de oxidación
  - d) Proceso de contacto anaerobio
- 2) Procesos de Película Fija
  - a) Filtro intermitente de arena
  - b) Filtro percolador o filtro de rociador
  - c) Reactor anaerobio empacado
  - d) Biodiscos

A continuación solo se describe lo relacionado con el método de tratamiento de lodos activados.

## V.2. \_ TRATAMIENTO PRELIMINAR

El Tratamiento Preliminar, consiste en separar, de las aguas residuales, los materiales que pueden dañar las bombas o interferir en los procesos de tratamiento subsecuentes. Los materiales que se separan pueden ser: sólidos orgánicos, como trozos de madera, restos de alimento, papel, basura y, sólidos inorgánicos como arena, grava, incluso objetos metálicos y, cantidades excesivas de grasas y aceite. EL equipo más frecuentemente utilizado para este propósito es el siguiente:

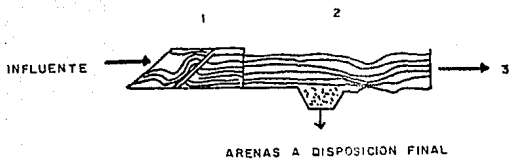
V.2.1 Rejas y Cribas de Barras. Las rejas generalmente tienen una separación de 2.5 a 5 cm, e instaladas con un ángulo de 45 a 60 grados con respecto a la vertical. La limpieza puede ser manual o por medio de rastrillos automáticos. Los materiales separados se eliminan enterrándolos, incinerándolos o, triturándose y reintegrándose a las aguas en tratamiento.

V.2.2 Desarenadores. La cantidad de sólidos inorgánicos, como la arena y grava, es muy variada y depende principalmente del tipo de sistema de drenaje, sanitario o combinado. Las arenas pueden dañar a las bombas por abrasión, alterar la operación de los tanques de sedimentación y, causar alteraciones en la digestión de los lodos, por acumularse alrededor de las salidas. La eliminación se hace por medio de cámaras, localizadas antes de las bombas y trituradores.

Las cámaras desarenadoras, son grandes canales donde la velocidad del flujo disminuye lo suficiente, para que se sedimenten los sólidos inorgánicos. El tiempo de retención depende del tamaño y cantidad de las partículas, generalmente varía de 20 segundos a 1 minuto.

V.2.3 Tanques de Preaereación. En ocasiones se requiere de una aereación, antes del tratamiento primario para: lograr una mayor eliminación de sólidos suspendidos, en los tanques de sedimentación; ayudar a eliminar las grasas y aceites; acondicionar las aguas antes del tratamiento, disminuir la demanda bioquímica de oxígeno; restaurar las condiciones aerobias, que favorecen al tratamiento secundario. La aereación propicia la floculación de los sólidos suspendidos más ligeros, formando masas más pesadas que se precipitan rápidamente.

## Tratamiento Preliminar



1.\_ Rejas

2.\_ Desarenador

3.\_ Sedimentador

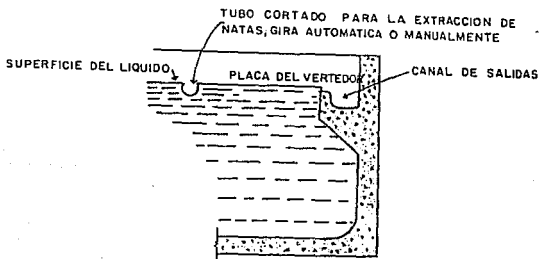


### V.3.\_ TRATAMIENTO PRIMARIO

EL tratamiento primario, tiene como finalidad separar, de las aguas residuales, los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, mediante el proceso físico de la sedimentación y flotación . A continuación se describen las unidades más empleadas para el tratamiento primario.

V.3.1 Tanques de Sedimentación Simple. En estos tanques los sólidos sedimentables, se van acumulando por gravedad en una tolva, de donde se extraen continuamente para evitar que se descompongan y produzcan gases.

V.3.2 Tanques de Sedimentación Simple con Limpieza Mecánica. Estos tanques pueden ser rectangulares o circulares. Su función es recolectar los lodos sedimentables, para ello emplean rastras, suspendidas en un punto móvil de tracción periférica, que favorece la sedimentación de las partículas en estado de suspensión. Las rastras se accionan lentamente rozando el fondo del tanque, empujando los sólidos sedimentables a una tolva de donde son evacuados por gravedad al espesor de lodos. Los sólidos flotantes, natas y aceites en flotación son conducidos, por gravedad superficial, hacia los desnatadores, localizados en el vertedero de salida del tanque.



Captación de Natas con Tubo Cortado

Las entradas para el agua residual, deben diseñarse para dispersar la corriente en forma homogénea en todo el tanque. Para ayudar a difundir el flujo se colocan deflectores a la entrada.

La carga superficial de sedimentación, es un factor importante que afecta directamente el porcentaje de eliminación de sólidos sedimentables y la demanda bioquímica de oxígeno; se expresa en metros cúbicos por metros cuadrados por superficie del tanque.

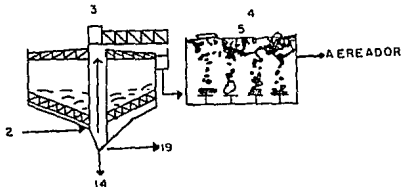
El periodo de retención, es el tiempo en horas que requieren los sólidos suspendidos, para sedimentarse en el tanque. Los periodos de retención, se basan en el gasto y volumen del tanque, suponiendo un desplazamiento total y uniforme del flujo. Los periodos mínimos de retención son de 2 horas.

Las dimensiones del tanque sedimentador, están determinadas por la cantidad de agua residual que se requiere tratar. La longitud mínima es de 3 metros y, la profundidad del tanque debe ser mayor a 2.1 metros.

V.3.3 Tanque Espumador. Tiene como función provocar que los detergentes, contenidos en el agua procedente del tanque sedimentador, espumen por medio de una corriente de aire, inyectada en el mismo sentido de la corriente. Por medio de este proceso se retiran los residuos jabonosos, en la parte superior del tanque espumador y, se conducen a otro lugar para su tratamiento, evitando así que se incorporen nuevamente al drenaje.

En la actualidad se están realizando investigaciones sobre la factibilidad del reuso del detergente obtenido en este proceso.

#### Tratamiento Primario



- |                         |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|
| 2._ Desarenador         | 3._ Sedimentador                |
| 4._ Espumador           | 5._ Espumas al digestor         |
| 14._ Lodos al espesador | 19._ Arenas a disposición final |

#### V.4.\_ TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario tiene como finalidad la degradación de la materia orgánica. A continuación se describe el equipo más utilizado y las variaciones del proceso convencional de lodos activados.

V.4.1 Tanque Aereador. En este tanque se siembran las bacterias aerobias, capaces de degradar la materia orgánica. En este proceso del tratamiento, es indispensable el contenido de oxígeno en el agua, para que las bacterias puedan realizar sus funciones y, se mantengan las condiciones que permitan su desarrollo y reproducción. La materia orgánica se degrada convirtiéndose en nitritos y nitratos, en sí consiste el proceso de lodos activados.

V.4.1.1 Proceso de Lodos Activados. En este proceso se deben mantener en suspensión los lodos activados, durante el periodo de contacto con el agua residual, mediante algún mecanismo de agitación. El proceso consta de las siguientes etapas:

- a) Mezclado de aguas residuales y lodos.
- b) Aereación y agitación de la mezcla, durante el periodo de tiempo estimado.
- c) Separación de los lodos activados del agua.
- d) Recirculación de la cantidad adecuada de lodos activados.
- e) Disposición del excedente de lodos activados.

V.4.1.2 Parámetros Microbiológicos Para el Proceso de Lodos Activados. Las bacterias tienen un papel primordial en la estabilización de la materia orgánica, por ello es necesario la comprensión de su forma, estructura y actividad bioquímica, para el diseño del proceso del tratamiento. Debe proporcionarse el medio adecuado para su desarrollo. La temperatura y el Ph, son factores importantes en la vida y muerte de las bacterias y otros organismos y plantas. Las investigaciones han demostrado que la velocidad de reacción de los microorganismos aumenta con la temperatura a cada 10 grados centígrados, hasta alcanzar la temperatura límite. Las bacterias, se pueden clasificar de acuerdo a la temperatura a la que mejor se desarrollan, como se muestra en la siguiente tabla:

Tipo de Bacterias	Temperatura (Grad. Cent.)	
	Intervalo	Optimo
Críófilas	-2 a 30	12 a 18
Mesófilas	20 a 45	25 a 40
Termófilas	45 a 75	55 a 65

El pH del agua residual, es clave en el desarrollo de los microorganismos, la mayoría de estos microorganismos no aceptan niveles de pH mayores de 9.5 y menor de 4, el nivel óptimo se encuentra entre los valores de 6.5 a 7.5.

El desarrollo de las bacterias, después de agregarse al agua en tratamiento, se puede agrupar en cuatro etapas: De retardo, es el tiempo requerido para que se aclimate a las nuevas condiciones ambientales; Crecimiento logarítmico, en este período la célula se divide, a una velocidad determinada por su tiempo de generación y capacidad de procesar alimento; Estacionario, la población permanece constante debido a que las células han alcanzado su desarrollo y, el crecimiento de nuevas se compensa con la muerte de células viejas; Muerte logarítmica, se presenta cuando se han agotado los nutrientes.

Los procesos de tratamiento biológico, se componen de poblaciones complejas de microorganismos mezclados e interrelacionados, por lo que se deberá lograr que el ecosistema idóneo para alcanzar el proceso óptimo.

La edad de los lodos, es el tiempo en días en que los lodos suspendidos se mantienen en aireación. Para que el proceso sea satisfactorio, la edad de los lodos debe mantenerse dentro de ciertos límites que dependen de las características del agua residual. La edad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$EL = \frac{V \times A}{Q \times C} \quad \text{donde :}$$

- EL = Edad de lodo
- V = Volumen del gasto en aireación, en litros o m<sup>3</sup>
- A = Concentración de sólidos suspendidos en el tanque, mg/lts
- Q = Gasto de aguas residuales, m<sup>3</sup>/día
- C = Concentración de sólidos del agua residual, que entra al tanque de aireación en mg/lts, incluyendo los lodos activados

Con la aereación y agitado se logra: mezclar los lodos activados y el agua residual; mantener los lodos en suspensión y, proporcionar el oxígeno que se requiere para la oxidación biológica.

Generalmente el aire, se agrega por alguno de los sistemas por difusión. En este sistema se suministra el aire a baja presión, de 0.5 a 0.7 Kg/cm<sup>2</sup>, por medio de diversos materiales porosos en placas o tubos, que reparten el aire en forma de pequeñas burbujas. Las placas o tubos se colocan en el tanque, de tal manera que den un movimiento giratorio a la mezcla. Los tubos difusores se fabrican de alumina cristalina o, de arena con alto contenido de sílice y de acero inoxidable corrugado, con múltiples orificios, se colocan suspendidos en el tanque, de manera que permitan ser desconectados desde la superficie para limpieza o reposición.

La cantidad de aire básica, debe ser suficiente para mantener un mínimo de 2 ppm de oxígeno disuelto, en las aguas residuales, en cualquier condición de carga de DBO y en cualquier parte del tanque aereador. Una insuficiencia de aire, produce baja calidad de lodos activados y con ello una disminución en la eficiencia de la planta. Una excesiva cantidad de aire proporciona la formación de lodos muy finos, que difícilmente llegan a sedimentarse.

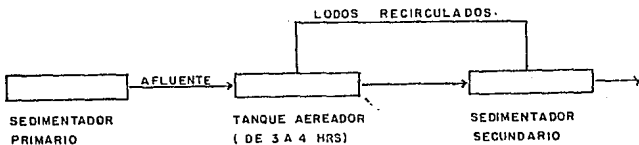
El ciclo de remoción de lodos activados, debe hacerse continuamente para recircularlos en el tanque de aereación. El exceso se elimina antes de que pierda su actividad, por la muerte de los microorganismos debida a la falta de oxígeno. La cantidad recirculada de lodos, debe ser la suficiente para obtener la purificación deseada, en el tiempo de exposición en el tanque aereador. La cantidad varía de 10 a 50 % del volumen de aguas en tratamiento, depende de las características, concentración del agua y de las características de la planta. Para una planta convencional el porcentaje varía de 10 a 20 %.

**V.4.1.3 Proceso Convencional de Lodos Activados.**  
Este proceso es uno de los más eficientes, se emplea el sistema de aire difundido, con un tiempo de aereación de 6 a 8 horas y, las aguas por tratar se mezclan con los lodos activados recirculados. El porcentaje de lodos recirculados, debe mantener un contenido de sólidos de 1000 a 2500 ppm y, una edad de tres a cuatro días. Con estas condiciones, se estima tener una eficiencia de la planta del 80 al 95 %. Este proceso puede adaptarse a aguas residuales con composición y concentración variables, pero es muy sensible a cargas repentinas y sustancias tóxicas, que puedan alterar la actividad de los microorganismos.

V.4.1.4 Variaciones en el Proceso de Lodos Activados. Este proceso se modifica para satisfacer condiciones específicas de tratamiento y, lograr economía en la construcción y operación de la planta. A continuación se enumeran algunas modificaciones a este proceso.

a) Aereación Escalonada, en este proceso el agua residual entra al tanque por diversos puntos y, los lodos activados se agregan en el primer punto de entrada. Con esto se logra que la concentración de sólidos, en la primer etapa sea mayor y, va disminuyendo conforme se introduce más agua en las etapas subsecuentes.

Dentro de las ventajas que se obtienen, se logra tratar la misma cantidad de agua residual, en casi la mitad de tiempo de aereación del proceso convencional; siempre que se mantenga la edad de los lodos dentro de los límites adecuados, de tres a cuatro días; se reducen los costos de construcción y la superficie requerida; el costo de operación es igual al del proceso convencional.



#### a) Aereación Escalonada

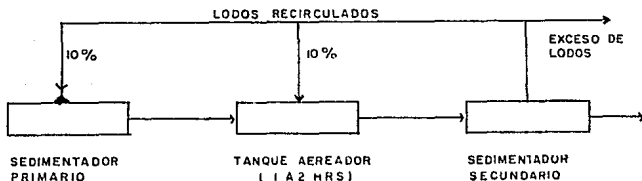
b) Aereación Graduada, el principio de este proceso se basa en la mayor cantidad de aire que se requiere al inicio de la degradación de la materia orgánica. La cantidad de aire que se introduce, al agua en tratamiento, es mayor en la entrada del tanque y se va disminuyendo gradualmente.

Las ventajas que se obtienen son: se tiene un mejor control del proceso de tratamiento, cuando se presentan cargas anormales y, se disminuye el costo de operación.

c) Aereación Modificada, este proceso es aplicable cuando las aguas residuales requieren un mayor grado de tratamiento. Las aguas crudas o sedimentadas se mezclan con el 10% de los lodos recirculados y, se aerean de una a dos horas solamente, logrando que los sólidos de la mezcla disminuyan a menos de 1000 ppm, con esto se reduce la cantidad de aire requerido.

Controlando el porcentaje de lodos recirculados, la cantidad de aire y el tiempo de aereación, se logra cualquier grado de tratamiento, entre el proceso de sedimentación primario y el proceso convencional de lodos activados.

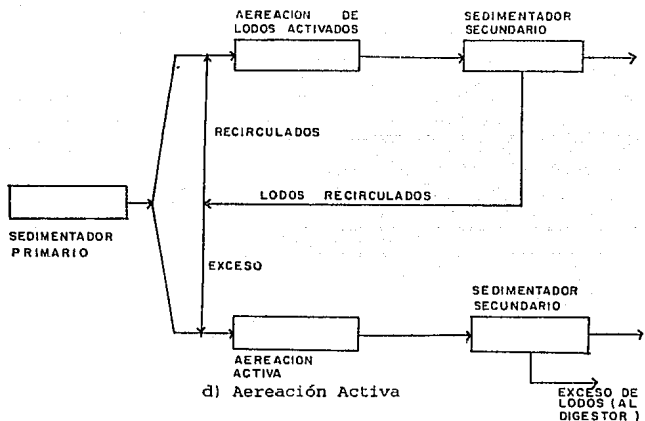
Las ventajas que se obtienen son: ahorro en el costo de construcción y operación de la planta y, los lodos obtenidos son menos densos.



c) Aereación Modificada

d) Aereación Activa, en este proceso el tiempo de aereación se reduce. Los lodos en exceso, se recirculan con agua sedimentada, de baja concentración de sólidos de 200 a 400 ppm y, se aplica una aereación activa.

Variando la porción del gasto total, de aguas residuales, en los tanques, aereador y de aereación activa, y otros factores de operación del proceso de aereación activa, se obtiene gran flexibilidad y margen de eficiencia en el tratamiento. Se requieren tanques de sedimentación final para cada tanque.



e) Estabilización por Contacto, en este proceso los lodos activados se ponen en contacto directo con las aguas residuales, por un periodo de 15 a 30 minutos. En este tiempo los lodos absorben gran parte de la materia contaminante, suspendida y disuelta en el agua. La mezcla fluye al tanque de sedimentación en donde se separan los lodos y, se pasan aun tanque regenerador, en donde se estabilizan por aereación.

Este proceso es recomendable, para tratar aguas residuales industriales, debido a que los lodos suministrados no son afectados por las cargas repentinas, por mantenerse bajo aereación separada.

f) Digestión Aerobia u Oxidación Total, este proceso consiste en completar la estabilización de la materia degradable, de las aguas residuales, por oxidación biológica, en un solo compartimento. Este proceso es muy sensible a cambios repentinos de volumen y características del agua residual.



Para mantener el equilibrio y producir un efluente de buena calidad, deben desecharse constantemente los lodos. Este proceso es aplicable, favorablemente, a plantas de tratamiento pequeñas, donde se obtiene gran eficiencia, aumentándose con sedimentación secundaria.

Algunos problemas que se presentan en la operación de plantas de tratamiento de lodos activados, son:

a) Lodos Ascendentes. En ocasiones parte del lodo sube a la superficie o flota, después de un período de sedimentación corto, esto se debe a la desnitrificación, mediante la cual los nitritos y nitratos del agua residual se convierten en gas nitrógeno, quedando parte de este gas en el flóculo de materia orgánica. Este problema puede resolverse: aumentando la velocidad del mecanismo colector de los lodos del tanque, siempre que sea posible y; disminuyendo el tiempo de retención celular, aumentando el caudal de purga del lodo.

b) El lodo que presenta malas condiciones de aglutinamiento y sedimentación se conoce como fango voluminoso. Este lodo tiene dos orígenes principales, que son: el causado por el crecimiento de microorganismos filamentosos, que se originan en condiciones desfavorables y; el causado por agua ligera de flóculos, donde las bacterias se hinchan, reduciendo su densidad y por lo tanto no se sedimentan.

V.4.2 Tanque Clarificador. El agua residual tratada con lodos activados, se conoce como licor mezclado, el cual pasa al clarificador final. La finalidad del tanque clarificador, es la de sedimentar los lodos activados y, todo aquello que no se sedimenta en los procesos anteriores. Los principales componentes del clarificador son;

- a) Dispositivos de entrada del licor mezclado.
- b) Volumen para sedimentación.
- c) Dispositivos de salida del líquido clarificador.
- d) Volumen acumulado de lodos
- e) Dispositivos para la remoción de lodos.

El diseño del clarificador, se basa en parámetros obtenidos de pruebas de laboratorio, del licor mezclado, que determinan su velocidad de sedimentación y concentración, a diversos periodos de tiempo. El proceso del diseño se puede resumir en los siguientes pasos:

a) Determinar el área superficial mínima, requerida para clarificar el líquido, considerando la velocidad inicial de sedimentación como constante en el primer periodo de tiempo.

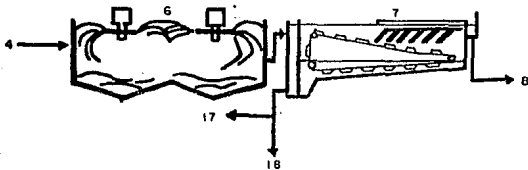
b) Determinar el área superficial mínima, para obtener la concentración final requerida de lodos, basándose en la velocidad de sedimentación inicial y final.

c) El área del tanque clarificador será la mayor, resultante de los dos incisos anteriores.

La profundidad del tanque clarificador se determina con el gasto de agua en tratamiento y el tiempo de retención y, por lo tanto el volumen de retención.

El clarificador puede ser: de forma circular, rectangular o cuadrada; de velocidad de sedimentación de tasa alta o baja; con líneas de flujo horizontal, vertical o mixto y; mecanizado o, manual para plantas de tratamiento pequeñas donde los lodos puedan extraerse por carga hidrostática o eyectores neumáticos.

#### Tratamiento Secundario



- |                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| 4._ Espumador              | 6._ Aereador           |
| 7._ Clarificador           | 8._ Filtros            |
| 17._ Lodos a recirculación | 18._ Lodos al digestor |

## V.5.\_ TRATAMIENTO TERCIARIO

El tratamiento terciario tiene como objetivo eliminar los microorganismos que contiene el agua procedente del proceso secundario. A continuación se describe el equipo más empleado en este tratamiento.

V.5.1 Filtros, su objetivo es lograr la depuración total del agua. EL filtro esta constituido por un lecho de antracita, arena y gravilla. Hasta aquí el aspecto físico del agua tratada ha cambiado notablemente, pero todavía contiene bacterias, amibas y diversos parásitos, que se eliminan en el último proceso de tratamiento, la cloración.

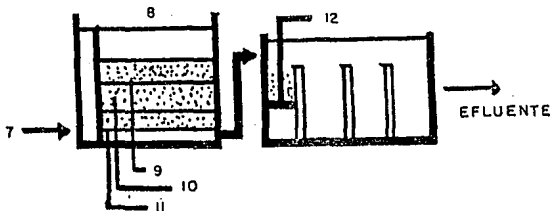
V.5.2 Tanque de Cloración, su objetivo es la desinfección del agua tratada, eliminando el índice de agentes transmisores de enfermedades. Existen otros métodos para la desinfección, además de la cloración, como la destilación y radiación, pero la cloración es la más utilizada, por ser el más económico y por las características de oxidación que presenta a lo largo del recorrido del agua.

El cloro, incorporado al agua es absorbido por los compuestos orgánicos, en suspensión o solución, hasta que satisfacen su capacidad de oxidación; el cloro residual permanece en el agua, con la fuerza necesaria para oxidar cualquier compuesto que llegue a introducirse. Algunos factores que afectan la eficiencia de la cloración son:

- a) Dosificación de cloro.
- b) El equilibrio de los diversos compuestos de cloro que se forman.
- c) pH medio del agua.
- d) Tipo de microorganismos, sensibles o resistentes al cloro.
- e) Densidad de microorganismos, virus, bacterias, protozoarios, Etc.
- f) Periodo de contacto de microorganismos y cloro.
- g) Temperatura media del agua, determina la reacción de los compuestos clorados y la mortandad de microorganismos.

Debido a las variaciones que presenta el agua residual en cantidad y calidad, se hace necesario el equipo que se ajuste la dosificación necesaria de cloro, en forma manual o automática.

### Tratamiento Terciario



7.\_ Clarificador  
9.\_ Antracita  
11.\_ Grava

8.\_ Filtros  
10.\_ Arena  
12.\_ Cloro

## V.6.\_ TRATAMIENTO DE LODOS

El lodo, producto del tratamiento del agua residual debe someterse a un tratamiento capaz de modificar sus características, para que puedan disponerse sin poner en peligro la salud pública y el medio ambiente, además de disminuir su volumen para facilitar su manejo y disposición final. Los lodos por su estado se clasifican en crudos o frescos, digeridos, húmedos y secos; por su origen en primarios, secundarios y exceso de lodos activados.

Los lodos crudos se obtienen del tanque sedimentador primario, son los lodos sedimentables que contiene el agua residual. Estos lodos son muy inestables, ya que prácticamente no han sufrido descomposición, presentan color y olor desagradables, se componen principalmente de desperdicios y sólidos fecales.

El exceso de lodos, del proceso de lodos activados, presentan un estado parcial de putrefacción, tienen color café, consistencia floculenta y, olor desagradable. Si no se tiene cuidado en su manejo se hacen sépticos, de olor desagradable debido a la descomposición de la materia orgánica.

Los lodos, de métodos de precipitación química, se descomponen o digieren con más lentitud que los de procesos biológicos, presentan un color negro y, su volumen es muy grande, dificultando su manejo.

Entre los objetivos del tratamiento de lodos, además de reducir su volumen para facilitar su manejo, es economizar espacio para su almacenamiento en el digestor, capacidad en las bombas y, cantidad de calor y energía. Los principales métodos de tratamiento son el espesamiento, digestión con o sin calentamiento, secado sobre lechos de arena, acondicionamiento químico, elutriación, filtración al vacío y, secado por calentamiento.

V.6.1 Tratamiento por Espesamiento, consiste en concentrar los lodos diluidos par hacerlos más densos, se emplea principalmente para el exceso de lodos acuosos, del proceso de tratamiento de lodos activados. Los lodos del tanque sedimentador son bombeados al tanque espesador, equipado con paletas verticales de movimiento lento que permiten la concentración de sólidos en el fondo. Con este método se pueden obtener lodos con un contenido de sólidos de más del 10 %, logrando eliminar cerca de 4/5 partes de agua, permitiendo emplear unidades de digestión más pequeñas.

V.6.2 Digestión Con o Sin Calentamiento. EL objetivo de la digestión es disminuir el volumen y lograr la concentración de la materia orgánica, hasta formar compuestos orgánicos e inorgánicos inertes o estables.

La digestión de los lodos se lleva en tanques diseñados para este propósito y, en ausencia de oxígeno libre. La composición de los lodos es aproximadamente del 70 % de materia orgánica y 30 % de inorgánica. La mayor parte del agua es embebida, que no se separa de los sólidos, los microorganismos rompen esta compleja estructura molecular, liberando el agua y obteniendo oxígeno para su desarrollo.

La degradación de la materia, realizada por los microorganismos, se clasifica en varias etapas: de Fermentación Ácida, en esta etapa las bacterias descomponen rápidamente los sólidos disueltos, como azúcares, produciendo ácidos orgánicos y gases, como el anhídrido carbónico y ácido sulfhídrico, el Ph del lodo disminuye a valores menores de 5.1; Digestión Ácida, en esta segunda etapa los microorganismos, a los que favorece el ambiente ácido, descomponen con menor rapidez los ácidos orgánicos y, compuestos de nitrógeno el Ph aumenta hasta valores de 6.8; Digestión Intensa, Estabilización y Gasificación, en esta tercera etapa las bacterias degradan los compuestos nitrogenados más resistentes, como las proteínas y aminoácidos, produciendo gran cantidad de gases, un 70 % de metano que se emplea como combustible ya que es muy inflamable, el Ph aumenta a valores de 7.4. Los sólidos que no alcanzan a ser degradados son relativamente estables, pudiendo disponerse sin originar condiciones contaminantes.

Los lodos que han tenido buena digestión presentan color negro, olor no desagradable, estructura granular y muestran claramente las canalizaciones por donde ascendió el agua.

La calidad y tiempo requerido para la digestión de lodos, efectuada por los microorganismos, esta determinada por las condiciones en que se desarrolla, algunos factores determinantes son:

a) La temperatura, afecta directamente el tiempo en que se completa la digestión, en promedio se completa hasta el 90 % en 55 días a 13 grados centígrados, reduciéndose el periodo a 24 días a 35 grados centígrados. Los métodos que se emplean para suministrar calor son: circulando agua caliente a 50 grados centígrados, a través de tuberías o serpentines, fijados en el interior de las paredes del tanque; inyectando vapor en el fondo del tanque; entre otros menos usados.

b) La cantidad de alimento, proporcionada a las bacterias, afecta de manera directa la eficiencia del tanque digestor. Cuando se introducen demasiados lodos, se produce gran cantidad de ácidos en la primer etapa, originando condiciones desagradables para las siguientes etapas. Cuando se suministran lodos, en pequeñas cantidades a intervalos frecuentes aumenta la eficiencia del tanque digestor.

c) El pH. El valor del pH en que se presentan las mejores condiciones, para que las bacterias digieran mejor los lodos, varía de 6.8 a 7.4; las variaciones representativas son causadas por las características que presentan los lodos frescos que se agregan y los que se encuentran en el tanque digestor.

V.6.3 Secado Sobre Lechos de Arena. Los lechos de arena están formados por una capa de grava de 30 cm de profundidad, bajo una capa de arena limpia de 15 a 20 cm. El riego de lodo se hace a 30 cm de la superficie de la capa de arena. Con este método se logra eliminar gran cantidad del agua contenida en los lodos, quedando con un contenido de humedad menor al 70 %. El secado se realiza por dos fenómenos, uno es el drenaje, cuando se riegan los lodos se desprenden los gases, que contiene el lodo, haciendo que los sólidos floten y los líquidos drenen a través de la arena; y el otro la evaporación del agua, que secan y agrietan la superficie del lodo.

Las tuberías que hacen el riego de lodos, sobre el lecho de arena, deben escurrirse con agua, no solo para evitar la acumulación de lodos, sino para evitar el aumento de presión por los gases que contiene en su interior. Estos gases mezclados con aire son muy explosivos, por los que deben tomarse precauciones en su manejo.

V.6.4 Acondicionamiento Químico. La finalidad del acondicionamiento químico es bajar el pH, a un valor donde las partículas más finas se coagulen, formando otras de mayor tamaño, permitiendo la separación del agua con mayor facilidad. Algunos productos químicos empleados son: el ácido sulfúrico, alumbre, sulfato ferroso, cloruro férrico, entre otros. Debe determinarse el valor del Ph para cada uno de ellos.

V.6.5 Elutriación, este método consiste en extraer con agua, los compuestos que se encuentran en cantidades excesivas entre los lodos, con la finalidad de reducir la demanda de coagulantes. Los lodos se mezclan con agua del efluente de la planta, con agitación mecánica o aire difundido, por un periodo muy corto, menor a 20 seg. Después se dejan sedimentar y el agua se regresa al tratamiento, de aguas residuales. Este método se emplea como pretratamiento antes de la coagulación con productos químicos.

V.6.6 Filtración al Vacío. este método se usa para eliminar el agua de los lodos, para ello se emplea el filtro al vacío, consta de un tambor sobre el cual se coloca un medio filtrante, tela de algodón, fibra de vidrio, plástico entre otros materiales: el tambor va montado en un tanque sobre su eje horizontal y sumergido, aproximadamente una cuarta parte en el lodo; la tubería y válvulas están dispuestos de tal manera que conforme el tambor gira, aplicando el vacío en el interior del medio filtrante, va absorbiendo el agua del lodo; se continúa aplicando el vacío hasta que el tambor gira fuera del lodo; con esto se logra extraer el agua, quedando una capa de lodo adherida en la superficie exterior del tambor, esta se quita antes de volverlo a introducir en el tanque del lodo.

Los costos de operación son mayores que los de secado en lechos de arena, pero la filtración requiere menor superficie, no es afectada por las estaciones del año y, elimina la necesidad de digerir los lodos, ya que el grado de deshidratación es tal que permite su incineración.

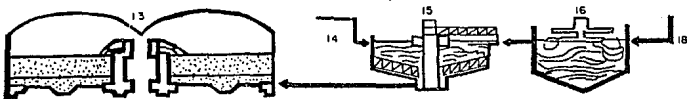
V.6.7 Secado por Calentamiento. Este método se emplea cuando los lodos van a incinerarse, el grado de secado debe permitir encenderlos y quemarlos. En el secado se emplea el horno secador rotatorio y el secador instantáneo. En el horno secador rotatorio, los lodos entran por un extremo y llevados a la descarga por gravedad, deshaciéndose y mezclándose por medio de deflectores helicoidales, fijados en las paredes del cilindro; se inyectan gases calientes quedando en contacto con los lodos más fríos, la temperatura media no debe exceder de 370 grados centígrados. Estos secadores se emplean generalmente para lodos deshidratados, procedentes de los filtros al vacío, estos lodos están aglomerados, secos en su superficie y húmedos en su centro, se recirculan con los lodos que entran en el cilindro, para reducir su contenido de humedad.



# ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

El secador instantáneo, es un molino de martillos, donde las partículas de lodo se secan instantáneamente, conforme se dispersan y mantienen en suspensión en una corriente de gases calientes. Estas partículas secas se separan de los gases cargados de humedad, y pueden quemarse o utilizarse como fertilizantes.

## Tratamiento de Lodos



- 13.\_ Lecho de secado
- 14.\_ Lodos del sedimentador
- 15.\_ Espesador
- 16.\_ Digestor
- 18.\_ Lodos del digestor

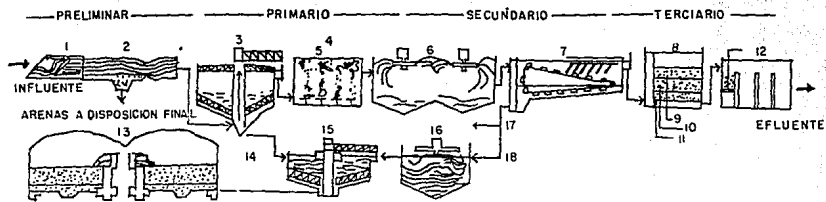
La disposición de los lodos, originados en el tratamiento de aguas residuales y en los métodos de tratamiento de los mismos, en donde se han modificado su volumen y características, puede hacerse en agua o tierra. El método de disposición de lodos en agua, depende de la disposición de masas adecuadas para este fin. Los lodos se bombean crudos o digeridos mar adentro, a una suficiente distancia de la playa, donde son vertidos en aguas profundas. Resulta ser económico, pero se recomienda hacer un estudio comparativo con el tratamiento de lodos y del aprovechamiento del gas producido en la digestión.

El método de disposición en tierra, presenta tres variantes: enterrarlos, utilizarlos como material de relleno o fertilizante.

El método de enterrarlos, se emplea generalmente para lodos crudos, se entierran en zanjas de 0.60 a 0.90 mts de ancho y 0.60 de profundidad aproximadamente, cubriéndose con tierra un mínimo de 0.40 mts. Cuando se cuenta con terrenos adecuados, este método resulta ser económico, pero es poco usado, debido a la superficie que se requiere y a que los lodos permanecen en las zanjas húmedos y mal olientes durante varios años, limitando el uso nuevamente del terreno.

Los lodos empleados como material de relleno, son exclusivamente los digeridos, ya que estos permanecen a la intemperie sin producir condiciones insalubres, es uno de los métodos más empleados.

Los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales, contienen elementos, como el nitrógeno y fósforo entre otros nutrientes, que ayudan al desarrollo de la vida vegetal, lo que hace su utilización como fertilizante o mejoramiento del suelo con buenos resultados, pero se hace necesario controlar la concentración, ya que pueden resultar perjudiciales por su composición de desechos industriales.



- |                          |                 |                       |                           |
|--------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| 1. REJAS                 | 6. AERADOR      | 11. GRAVA             | 16. DIGESTOR              |
| 2. DESARENADOR           | 7. CLARIFICADOR | 12. CLORO             | 17. LODOS A RECIRCULACION |
| 3. SEDIMENTADOR          | 8. FILTROS      | 13. LECHOS DE SECADO  | 18. LODOS AL DIGESTOR     |
| 4. ESPUMADOR             | 9. ANTRACITA    | 14. LODOS A ESPESADOR |                           |
| 5. ESPUMAS A DISPOSICION | 10. ARENA       | 15. ESPESADOR         |                           |

## VI. CONCLUSIONES

### CONTENIDO

VI.1	PLANTAS EN EL DISTRITO FEDERAL. . . . .	84
VI.2	USOS DEL AGUA TRATADA . . . . .	85
VI.3	RECARGA DE ACUIFEROS. . . . .	86
VI.4	PLANTA DE TRATAMIENTO CERRO DE LA ESTRELLA. . . . .	87
VI.5	PLANTA DE TRATAMIENTO SAN LUIS TLAXIALTEMALCO . . . . .	89
VI.6	NUEVAS TECNOLOGIAS. . . . .	93
VI.7	ACCIONES PARA INCREMENTAR EL SERVICIO DE AGUA TRATADA	95

## CAPITULO VI: C O N C L U S I O N E S

El papel que juega el agua en la sociedad no ha cambiado con el paso del tiempo, el hombre, la industria y el mismo suelo requieren cada día mayor cantidad de este líquido para satisfacer sus necesidades.

En la actualidad la Ciudad de México, considerada como una de las más grandes del mundo, se enfrenta al creciente problema de abastecimiento de agua potable, por ello es necesario la creación de sistemas que permitan el aprovechamiento del agua residual tratada para aliviar esta demanda.

Otro problema a que se enfrenta nuestra Ciudad es la contaminación ambiental, ocasionada por los medios de transporte e industrias diversas que se encuentran dentro de su superficie. Hasta hace algunos años la purificación del ambiente se llevaba a cabo en forma natural, mediante la existencia de los llamados "pulmones de la ciudad", áreas verdes, que eran suficientes para renovar y purificar la calidad del aire. Los actuales niveles de contaminación han originado la implantación de programas de carácter cívico y oficial, que ayuden a incrementar estas áreas verdes para mejorar la calidad del ambiente. Si la superficie de áreas verdes, localizadas en jardines, camellones, prados, parques y jardines cubren un área de siete millones de metros cuadrados, su incremento agudiza el suministro de agua requerida para riego.

Cuando se amplió el bosque de Chapultepec y se creó el bosque de San Juan de Aragón, entre otros, el Departamento del Distrito Federal puso en operación, en 1956, la primer planta de tratamiento de aguas residuales para el riego del bosque de Chapultepec.

La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) del Departamento del Distrito Federal, estableció en 1980 el "Plan Maestro de Tratamiento y Reuso del Agua" aplicado a través de la Subdirección de Potabilización, Tratamiento y Reuso, cuyo objetivo básico es el de incrementar y diversificar el aprovechamiento de las aguas tratadas, generadas en las plantas de tratamiento.

## VI.1. PLANTAS DE TRATAMIENTO EN D.F.

Actualmente el Distrito Federal cuenta con diez plantas de tratamiento operadas por la Dirección General y Construcción hidráulica. Estas plantas son las siguientes:

### PLANTAS DE TRATAMIENTO EN EL DISTRITO FEDERAL

Localización	Capacidad Instalada litros/segundo
Acueducto de Guadalupe	80
El Rosario, Azcapotzalco	22
San Juan de Aragón	500
Ciudad Deportiva, Iztacalco	230
Chapultepec	160
Bosques de las Lomas	55
Xochimilco	25
Coyoacán	1,250
Cerro de la Estrella, Iztapalapa	2,000
San Luis Tlaxialtemalco	255

Siete de estas plantas de tratamiento trabajan el tratamiento secundario de lodos activados, con una capacidad instalada de 4.5 metros cúbicos por segundo de aguas residuales que producen un caudal promedio de 2.5 metros cúbicos por segundo, distribuidas a través de una red de más de 500 kilómetros de tubería que cubre la mayor parte de la zona.

## VI.2.\_ USOS DEL AGUA TRATADA

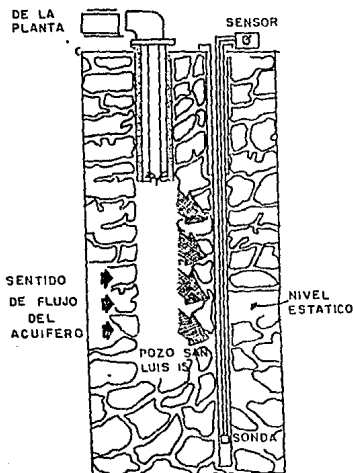
El avance tecnológico enfocado al aprovechamiento del agua residual tratada, ha permitido su uso, sin riesgo de contaminación, para satisfacer la demanda de servicios que no requieren la calidad de potabilización , como son:

- \* Riego de parques y jardines públicos
- \* Drenaje
- \* Limpieza urbana
- \* Protección contra incendios
- \* Operación de lagos artificiales
- \* Operación de fuentes ornamentales
- \* Riego agrícola
- \* Uso industrial
- \* Recarga del manto acuífero, que requiere mantener la misma calidad del manto, como se vera más adelante.

### VI.3.\_ RECARGA DE ACUIFEROS

La alternativa que presenta la producción de las plantas de tratamiento, durante la época de lluvias, en que el riego es de temporal, para la recarga del manto acuífero contribuye a resolver los problemas de hundimiento del subsuelo, ocasionado por la sobre-explotación.

La recarga del acuífero implica que la calidad del agua alcance niveles similares a los que presenta el propio manto, por lo que la DGOCH realiza los estudios necesarios para determinar las características, así como los sitios potenciales de recarga, con base a la infraestructura disponible, permeabilidad del suelo, flujo subterráneo y riesgo de contaminación u obstrucción de los estratos acuíferos.





#### VI.4. PLANTA DE TRATAMIENTO CERRO DE LA ESTRELLA

En la planta Cerro de la Estrella, desde los inicios del Plan Maestro de Tratamiento y Reuso del Agua, se concibió como las instalaciones en donde se efectuaran los proyectos más ambiciosos en la materia, alcanzar un tratamiento capaz de proporcionar agua residual tratada con calidad de potabilizada. Aquí se construyó el modelo que respondería a las interrogantes, se consideró la posibilidad de instalar un campo experimental de recarga por infiltración en la zona de Santa Catarina, delegación de Tláhuac.

Las instalaciones de la planta del Cerro de la Estrella se encuentran en la Delegación de Iztapalapa, cuenta con una superficie de nueve hectáreas que albergan dos secciones con unidades de tratamiento con capacidad instalada individual de 86,400 metros cúbicos por día. Se equipó la tercera sección para la obtención de agua potable.

La captación de las aguas para la planta provienen del colector de Apatlaco, son recibidas en el cárcamo de bombeo de Aculco, en donde un sistema de rejillas elimina a los grandes sólidos acarreados en el caudal, protegiendo así la operación del equipo de bombeo consistente en 13 bombas con capacidad de 1,000 litros por segundo por cada una, accionadas por tres motores eléctricos verticales de 500 HP cada uno, efectuándose así la primer etapa del tratamiento. mediante un ducto de ocho kilómetros de longitud, el agua pasa del cárcamo a la planta, en donde se descarga en dos canales abiertos, con salto hidráulico para disminuir su velocidad, el gasto se determina mediante medidores Parshall, con lo que se controla el volumen captado por las cajas distribuidas hacia los tanques de sedimentación primaria, estos tanque son de forma rectangular, divididos en cuatro módulos con abastecimiento independiente, cada uno de éstos cuenta con un sistema automático de rastras que recolectan y conducen los sólidos sedimentados, en el fondo del tanque, hacia tolvas localizadas en un extremo de donde son sustraídos a intervalos regulares. Las cargas, natas y aceites en flotación son conducidos por gravedad superficial hacia los desnatadores, localizados en el vertedero de salida del tanque. El efluente vertido es conducido, también por gravedad, hacia los tanques de

aeración, las unidades de aeración son también de forma rectangular, divididos en cuatro módulos con sistema de inyección de aire comprimido a través de 15 cabezales y 720 difusores por módulo que suministran el oxígeno requerido para la aceleración de la reproducción de las bacterias aeróbicas, que degradan la materia orgánica, formando nódulos esponjosos denominados flóculos, que en sí constituyen los lodos activados. A continuación el agua tratada se pasa al tanque de sedimentación secundaria, donde se efectúa la separación del efluente clarificado y los lodos activados, estos tanques son similares a los anteriores y cuentan con un mecanismo de rastras que operan a media agua, para recolectar los lodos, depositándolos en canales laterales, en donde por gravedad son conducidos a tolvas de recolección, de los cuales son extraídos mediante sifones que los regresan a las unidades de aeración. El último paso lo constituyen los tanques de cloración, provistos de mamparas verticales colocadas en forma escalonada a lo largo del tanque, permitiendo así el tiempo de contacto necesario para eliminar los microorganismos existentes en el agua, el cloro es inyectado en la sección inicial del recorrido. El producto es recolectado en un cárcamo del cual se bombea al sistema de distribución de la planta de los usuarios, en este caso: las redes de riego de áreas verdes en la zona y el llenado de los canales de Xochimilco.

## VI.5.\_ PLANTA DE TRATAMIENTO SAN LUIS TLAXIALTEMALCO

La última planta localizada en la jurisdicción de Xochimilco en el pueblo de San Luis Tlaxialtemalco, se diferencia de las otra nueve en virtud de que desde sus inicios fue diseñada para tratar aguas a nivel terciario, potable, característica que la hace única en el País. Esta representa un avance en el campo de la ingeniería ambiental y ofrece una alternativa al problema de escasez de agua de primera calidad para satisfacer la demanda de los diferentes sectores de la sociedad y para recargar el manto acuífero ya sobre-explotado, y con esto evitar los hundimientos diferenciales del suelo. Por otro lado la producción, de manera complementaria abastecerá agua a los canales de Xochimilco, contribuyendo así a su regeneración y rescate.

La planta se integra sobre una base modular para efectos de flexibilidad operativa del sistema, consta de tres trenes de operación que conducirán 225 litros de agua tratada por segundo, actualmente esta construido sólo el primer tren, en virtud de que en su primer etapa la planta capatará aguas provenientes de las descargas de los cuatro pueblos del sur de Xochimilco, posteriormente en una segunda etapa, se incorporarán las aguas que conduce el canal de Chalco, con descargas procedentes de Tláhuac y del sur de Iztapalapa. Con relación a los restantes dos trenes se han dejado las preparaciones pertinentes para su construcción futura; sin embargo parte de las instalaciones se realizaron desde el principio para recibir el caudal total, entre éstas podemos mencionar los lechos de secado, el cárcamo receptor de aguas residuales y la cisterna de almacenamiento de aguas tratadas.

En relación al proceso, se incorpora por primera vez a nivel nacional, el proceso de lodos activados realizado por aereación superficial para remover el nitrógeno amoniacal del agua y el proceso de filtración dual, arena, antracita, con lo cual se retiran los sólidos poliformes suspendidos en ella, cabe señalar la incorporación de un sistema de control y operación automatizado.

El agua captada para esta planta proviene de las descargas de los pueblos de Santa María Nativitas, Santa Cruz Alcapixca, San Gregorio Atlapulco y San Juan Tlaxialtemalco, lo que hace un total de 100 litros por segundo, el agua es

recibida en un cárcamo o tanque, cuya función es evitar paros ocasionados por el suministro no constante de agua residual, asegurando un trabajo continuo con 75 litros por segundo para cada tren de operación, estas aguas son objeto de un pretratamiento, del tanque se dirigen al desarenador y en su camino a través de un canal común se encuentran con las rejillas de cribado, cuya función consiste en detener todos los sólidos gruesos, ramas de árbol, plásticos, piedras hasta de una pulgada de diámetro, palos, juguetes, etcétera, que si llegaran a pasar a los siguientes compartimientos afectarían seriamente las bombas y otros instrumentos. El desarenador permite que las partículas de regular tamaño suspendidas en el agua se asienten. Para efectos de mantenimiento la planta cuenta con dos desarenadores, uno se desasolva mientras el otro esta en servicio.

Después el agua pasa al sedimentador primario, de forma circular y capacidad de 500 metros cúbicos, el volumen del efluente se controla mediante medidores Parshall, dispone de un sistema de rastras suspendidas en un punto móvil de tracción periférica, que permiten la sedimentación de partículas que vienen en suspensión, el agua permanece en el tanque por un periodo aproximado de cuatro horas, los lodos sedimentados se concentran en el centro del mismo y son evacuados por gravedad al espesador de lodos, las cargas, natas y aceites en flotación son conducidos por gravedad superficial hacia los desnatadores localizados en el vertedero de salida del tanque.

El producto resultante continúa su camino al espumador, que tiene como objeto provocar que los detergentes contenidos en el agua espumen a través de una corriente de aire inyectada en el mismo sentido que la corriente de agua, con esto se retiran los residuos jabonosos por la parte superior del tanque y conducirse a otro lugar para su tratamiento, evitando así incorporarlos nuevamente al drenaje, se estan realizando investigaciones para el reuso del detergente obtenido mediante este proceso.

En seguida está el digestor aerobio o aerador con capacidad de 1,500 metros cúbicos, a esta parte de la planta llega el agua que ha pasado por el espumador, se puede decir que aquí se encuentra el alma del proceso biológico, en este tanque se siembran las bacterias aerobias capaces de degradar la materia orgánica, en esta etapa es indispensable el oxígeno para que las bacterias puedan realizar sus funciones, por lo que es básico mantener las condiciones que permitan la vida y reproducción de estos seres, la degradación de la materia ocurre básicamente en el reactor biológico, en donde ésta se convierte en nitratos y nitritos, que en sí constituyen los lodos activados, el agua resultante de este proceso se conoce como licor mezclado, el cual pasa al

clarificador final, el objetivo de este cárcamo es la sedimentación de los lodos activados y todo aquello que no se sedimentó en los procesos anteriores. A continuación el agua tratada pasa a los filtros, estos se constituyen por un lecho de antracita, arena y gravilla, en ellos se realiza la depuración total y absoluta del agua, hasta aquí su aspecto físico ha cambiado notablemente, sin embargo contiene todavía bacterias, amibas y otros parásitos diversos. La última etapa del proceso consiste precisamente en eliminarlos, para ello se utiliza un tanque de cloración, el cual contiene cloro capaz de eliminarlos.

Finalmente el agua tratada es transferida a una cisterna de almacenamiento, de la cual partirá a través de la tubería correspondiente a la laguna de estabilización, localizada en el vivero de San Luis, para de ahí repartirse a los canales de la región.

Los lodos resultantes del proceso no se vierten nuevamente al drenaje, se envían a través de tuberías a un digestor, éste tiene la misma esencia del aereador, contiene bacterias que terminan de degradar la materia orgánica; al concluir esta etapa los lodos son mandados a un espesador, en donde las partículas gruesas se asientan y el agua excedente se recicla, una vez espesados se envían a los lechos de secado, en donde permanecen hasta que se convierten en una pasta fina, que es lo que se conoce como mejoramiento de suelos, compuesto por nutrientes en estado de concentración.

El tratamiento de aguas residuales a nivel secundario implicaba, durante la época de lluvias, el paro de operaciones, ya que los usuarios del sistema no requerían este medio de abastecimiento en esta temporada, por este motivo las plantas se detenían y durante este periodo se aprovechaba para darles mantenimiento y prepararlas para el estiaje, esta recesión era demasiado larga, dos meses, pero no había otra opción. Con la nueva planta se está en posibilidad de surtir agua tratada todo el año a los usuarios correspondientes, en primer lugar se surtirán en estiaje los canales de la región, ya que estos sufren pérdidas por evaporación, y en temporada de lluvias se inyectará directamente al acuífero, para lo cual se seleccionó el pozo San Luis 15, al cual llegará una línea que conducirá el agua tratada.

El mantenimiento del que será objeto es de carácter preventivo, de acuerdo con las especificaciones de proveedores y de ninguna manera se detendrá la operación por periodos largos.

La planta cuenta con un equipo automatizado, todo el proceso se controla a través de una computadora: caudal, condiciones de operación, turbiedad, pH, oxígeno disuelto, sólidos, etcétera, todos los parámetros son recibidos por un sensor que los manda mediante una señal a la computadora, la que los registra, compara y analiza, ésta se encuentra localizada en donde el operador puede observar al mismo tiempo el funcionamiento de la planta el tren de operación y la pantalla del monitor, el funcionamiento de las instalaciones no dependen únicamente de la máquina, ya que en caso de emergencia pueden controlarse manualmente tanto en el cuarto de máquinas como al pie de cada equipo.

La plantilla actual de la planta asciende a treinta y cuatro personas, de las cuales ocho son operadores y cuatro jefes de turno, el resto pertenece al área administrativa e intendencia. La planta cuenta con aulas de capacitación con el objeto de adiestrar a todo el personal de las plantas restantes. La superficie total del terreno es de diez hectáreas, de las cuales la construida asciende aproximadamente a tres. La obra se realizó en dos años y medio e inicio los trabajos de operación a principio de 1987.

## VI.6. \_ NUEVAS TECNOLOGIAS

Nuevas Tecnologías, recientemente aparecieron en el mercado dos patentes de compañías, una estadounidense y otra checoslovaca, que utilizan un sistema avanzado de proceso de película fija, sustituyendo los biodiscos tradicionales, por una combinación de éstos con un sistema de tubos flexibles, conocidos como biorreactores. Este sistema ha logrado resultados interesantes lo que ha permitido reducir las dimensiones del equipo, resolver el problema de las flechas e incrementar notablemente la eficiencia del proceso debido a la oxidación tan elevada de las aguas residuales que permiten la actividad de la materia flotante, que representa una gran parte de la biocultura que es reponsable de ejecutar el proceso de descontaminación de las aguas residuales. El costo de operación de la obra civil y del mantenimiento son más economicos al compararse con otros sistemas. Esta tecnología se encuentra disponible en nuestro país en forma de "Plantas Paquete", y tienen capacidad para tratar los efluentes desde una casa habitación hasta adecuarse a las necesidades de grandes núcleos habitacionales, clubes, granjas avícolas, ranchos, establos, mercados, rastros, grandes complejos urbanos e industriales.

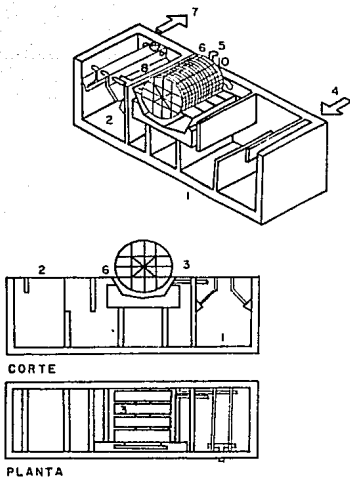
### DATOS PLANTA PAQUETE MODULAR

	Tipo
Parámetros técnicos	DCB 16/2
Flujo diario del agua	5.5 - 24 M3
Número de habitantes	50 - 170
Carga diaria de contenido DBO5	hasta 9.28 Kg/día
Area activa del biorreactor	630.0 M2
Volumen del área de actividad	11.2 M3
Volumen del tanque de sedimentación secundaria	22.5 M3
Area del tanque de sedimentación secundaria	9.00 M2
Volumen del área de lodos	52.5 M3
Efectividad mínima según la reducción DBO5	90 - 95%
Potencia del monitor	550 Watts

### DIMENSIONES

Longitud	9.00 M
Altura	2.40 M
Ancho	2.80
Volumen total	68.40 M3

# DIAGRAMA DESCRIPTIVO DE LA PLANTA



- 1.\_ Tanque de sedimentación primaria
- 2.\_ Tanque de sedimentación secundaria
- 3.\_ Biozona
- 4.\_ Afluente
- 5.\_ Sistema de bombeo
- 6.\_ Biodiscos
- 7.\_ Efluente
- 8.\_ Válvula de cierre
- 9.\_ Salida de Emergencia
- 10.\_ Unidad de producción

Mayores informes : Importec S.A. de C.V. Morelos Poniente  
516, Tel. (072) 13-47-52, Toluca Edo. de México.



## VI.7. ACCIONES PARA INCREMENTAR EL SERVICIO DE AGUA TRATADA

Dentro de las acciones más importantes, que el Departamento del Distrito Federal, está realizando para incrementar y suministrar el servicio de agua residual tratada, destacan por su importancia las siguientes (\*):

- + La actualización del plan maestro de tratamiento y reuso, que permite orientar en forma más precisa el desarrollo y mejoramiento de este sistema y así incrementar el uso de agua residual tratada.

- + Actualización del catastro de la infraestructura, así como del diseño e implantación de mecanismos que permitan mantenerlo vigente.

- + Incremento en la sustitución de agua potable por residual tratada, con esto se logra además del empleo tradicional del riego de áreas verdes, lagos y canales, mayor participación del sector industrial, mediante la concesión de operación, mantenimiento y comercialización de las plantas Acueducto de Guadalupe y Ciudad Deportiva.

- + En el sector de servicios, se ha consertado el empleo de agua residual tratada, en los sitios donde se lavan automóviles, al igual con industrias responsables de parques públicos y propietarios de clubes de golf.

- + Se llevan a cabo los programas anuales de mantenimiento en los sistemas existentes.

- + La implantación del nuevo reglamento de agua potable y drenaje.

- + Se están desarrollando mecanismos que permitan contar con un buen sistema de comercialización, basados en un proceso eficiente de medición, facturación y cobro de servicio, del tal manera que la prestación del servicio tienda a ser autofinanciable y que se siga promoviendo el uso mayor del agua residual tratada.

- + Se continúan las ampliaciones a la infraestructura y se realizan modificaciones necesarias para incrementar la capacidad de producción, con lo que se logrará apoyar la oferta de agua residual tratada en las zonas industriales del norte y oriente de la ciudad.

(\*). Información Tomada "Red Hidráulica" Organismo Informativo Para los Trabajadores de la DGCOR, Febrero 92.

+ La construcción de sistemas de drenaje separados, en las delegaciones del sur del D.F.

+ Se ha puesto en operación el primer módulo de la planta de tratamiento terciaria de Aguas Residuales de San Luis Tlaxiátemalco, lo que incrementa la oferta de agua residual en el área de Xochimilco.

La infraestructura con que cuenta el Departamento del Distrito Federal, son diez plantas de tratamiento secundario con el proceso biológico de lodos activados y gas cloro para su desinfección, de las cuales tres plantas cuentan con tratamiento terciario. La producción media en 1991 fué de 2,400 Lts./seg. Se cuentan con 638 Km. de tuberías que conducen el caudal; la infraestructura del sistema se complementa con 17 tanques de almacenamiento y 11 plantas de bombeo.

Hoy en día una planta de tratamiento de aguas residuales es una necesidad que nos resuelve dos problemas críticos, uno de ellos es la creciente demanda de agua potable en todos los sectores sociales y económicos, y el otro evitar la contaminación o neutralización de los cuerpos receptores de las aguas residuales, que a su vez son fuentes de abastecimiento de agua.

**Todos somos usuarios del agua**

**Todos somos responsables de su contaminación**

**Todos debemos cuidarla.**

## B I B L I O G R A F I A

- \* Ingeniería Sanitaria, W.A. Hardenbergh y Edward B. Rodie, Continental.
- \* Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales Vol. I y II G. Maskew Fair, J. CH. Geyer y D. Alexander Okun, Limusa.
- \* Plan Maestro de Tratamiento y Reuso del Agua, Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, DDF.
- \* Manual de Normas de Proyecto para Obras de Aprovechamiento de Agua Potable en Localidades Urbanas de la República Mexicana, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- \* Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Sanitario en Localidades Urbanas de la República Mexicana, Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.
- \* Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales, Metalf-Eddy, Labor, S.A.
- \* Tratamiento de las Aguas Residuales Municipales por el Proceso de Discos Biológicos, Tesis Eduardo Rosales Paz 1992, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- \* Purificación de Aguas, Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales, Fair Geyer y Okun, Limusa.
- \* Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales, Metcalf Leonard y H.P. Eddy, Mac'Graw-Hill.
- \* Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras, Harold E. Babbitt y Robert Baumann, Continental S.A.
- \* Red Hidraulico, Organó Informativo Para los Trabajadores de la DGCOH, Secretaria General De Obras, DDF, Febrero 1992.
- \* Obras, Revista Mensual Sobre Ingeniería, Arquitectura, Diseño y Construcción en México, abril 84, julio 90, Junio 92.