



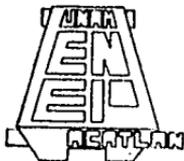
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"

FALLA DE ORIGEN

TRATAMIENTO Y REUSO DE LAS AGUAS
RESIDUALES EN EL DISTRITO FEDERAL.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
MENDEZ HERNANDEZ JOSE LUIS



MEXICO, D. F.

FEBRERO DE 1995



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

SR. JOSE LUIS MENDEZ HERNANDEZ,
Alumno de la Carrera de Ingeniería Civil,
P r e s e n t e .

De acuerdo a la solicitud presentada con fecha 8 de abril de 1991, me complace notificarle que la Jefatura del Programa tuvo a bien asignarle el siguiente tema: "TRATAMIENTO Y REUSO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL D.F.", el cual se desarrollará como sigue:

- TEMA I ANTECEDENTES
- TEMA II SITUACION ACTUAL
- TEMA III TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL D.F.
- TEMA IV PRONOSTICO
- TEMA V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Asímismo, fué designado como Asesor de Tesis el ING.
JAIIME RAMIREZ GOMEZ.

Pido a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar exámen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la mencionada tesis.

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Acatlán, Edo. de México, 7 de febrero de 1995.


ING. CARLOS ROSALES AGUILAR,
Jefe del Programa.



ENEP-ACATLÁN
ESCUELA DEL
PROGRAMA DE INGENIERIA

Jam.

A ti Creador del Universo:

*Por dedicarme un espacio y un tiempo en tu Mundo,
y cualquiera que sea tu forma de manifestarte.
Gracias.*

A mis padres:

Pablo Méndez García,
Ma. de los Angeles Hernández de Méndez.

*Por el milagro de mi existencia, su comprensión,
su amor, su apoyo incondicional en cada momento de
mi vida y por que son un ejemplo a seguir. Gracias.*

A mis hermanos y cuñados:

Delia.	Felipe.
Marta.	David.
Alejandro.	Elo.
Triny.	Jesús.
Angel.	Ma. de la Luz.
Pablo.	

*Por su amistad, su cariño, su comprensión,
su tiempo, su sonrisa. Gracias.*

A mis sobrinos:

Gustavo.	Diego.
Gamaliel.	Abner.

Por su cariño incondicional, su amistad, Gracias.

A Damayanti:

*Por estar a mi lado cuando la necesito.
Por su amor, su sonrisa, su comprensión.
Y por el compromiso de hacer realidad
los sueños que juntos compartimos. Gracias.*

Al Ingeniero Jaime Ramírez Gómez:

*Por sus consejos, su entusiasmo y por ser mi primer
instructor de la hidráulica. Gracias.*

A las Señoras:

Ma. Trinidad García Ortega.
Francisca Mendez García.
Susana Montiel Mendez.

Por compartir parte de su vida conmigo. Gracias.

A mis Amigos:

*Que han sido incontables y que han compartido
sueños, alegrías, y hasta fracasos; pero ha pesar de
todo han seguido siendo mis amigos. Pero de una
manera muy especial:*

Lic. Rosalva Hernández Cervantes.
Ma. del Carmen Hernández Romano.
Familia Dávila Moreno.
Hipólito, Martín, Juan Carlos, Sergio, Guillermo,
Arnulfo, América y Verónica.

A la E.N.E.P. Acatlán y en especial a los profesores de la
Carrera de Ingeniería Civil.

A los Ingenieros:

Salvador Acevedo Márquez.
Hermeregildo Arcos Serrano.
Carlos Rosales Aguilar,
Roberto Gómez Moura.

Gracias por sus comentarios y sus consejos.

A ti:

*A quien espero con entusiasmo y cariño,
Por que serás el motivo para cumplir mis sueños,
ya escucho tus pasos y risas, y aún no se tu nombre,
y serás el fruto del grande amor de dos seres.*

" I N D I C E "

" TRATAMIENTO Y REUSO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL D.F. "

INTRODUCCION.	1
CAPITULO No 1 ANTECEDENTES.	
1.1 INTRODUCCION.	5
1.2 HISTORIA.	8
1.3 EL VALLE DE MEXICO.	12
1.4 EL SISTEMA HIDRAULICO DEL SIGLO XX.	18
CAPITULO No 2 SITUACION ACTUAL	
2.1 INTRODUCCION.	29
2.2 CARACTERISTICAS Y CONTAMINACION DEL AGUA.	37
2.3 AGUAS RESIDUALES.	59
2.4 DESECHOS INDUSTRIALES.	67
2.5 CALIDAD FISICO-QUIMICO-BIOLOGICA DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO FEDERAL.	78
2.6 LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN EL DISTRITO FEDERAL.	88
2.7 USOS DEL AGUA RESIDUAL TRATADA.	120
2.8 EFECTOS A LA SALUD PUBLICA POR CAUSA DE AGUA RESIDUALES.	138
2.9 DISPOSICIONES LEGALES VIGENTES SOBRE AGUA RESIDUAL Y AGUA RESIDUAL TRATADA.	146
CAPITULO No 3 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO FEDERAL.	
3.1 TECNOLOGIAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	157
3.2 PRETRATAMIENTO O TRATAMIENTO PRELIMINAR.	168
3.3 TRATAMIENTO PRIMARIA.	177
3.4 TRATAMIENTO SECUNDARIO.	185
3.5 TRATAMIENTO TERCARIO.	211
3.6 TRATAMIENTO QUIMICO.	221
3.7 DESINFECCION.	225
3.8 TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LODOS.	234
3.9 MUESTREO Y ANALISIS.	259

CAPITULO No 4	PRONOSTICO	
4.1	INTRODUCCION.	269
4.2	PROYECTOS.	271
4.3	OFERTA Y DEMANDA DE AGUA RESIDUAL TRATADA.	280
CAPITULO No 5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	284
5.2	MENSAJE FINAL.	291
ANEXO No 1	ELEMENTOS BASICOS PARA EL DISEÑO DEL PRETRATAMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.	292
ANEXO No 2	EFICIENCIA ACTUAL DE TRATAMIENTO DE LAS PLANTAS DEL DISTRITO FEDERAL.	301
GLOSARIO.		314
REFERENCIAS.		320

" INTRODUCCION "

El agua es el recurso natural más importante del mundo, ya que sin ella no podría existir la vida y la industria moderna no funcionaría. A diferencia de muchas otras materias primas, el agua no tiene sustituto en diversas aplicaciones. El agua tiene un papel vital en el desarrollo de las comunidades ya que es indispensable que su aprovechamiento sea seguro para que una comunidad se establezca permanentemente. Sin embargo los desechos líquidos y sólidos de una comunidad actual tienen un potencial considerable para contaminar el ambiente. En las civilizaciones primitivas el remedio para el problema de la contaminación era simplemente trasladar la comunidad a otro lugar, en las civilizaciones más recientes tal mudanza es impracticable. En el caso del Distrito Federal como ciudad más grande del mundo, es alarmante la contaminación del agua por gran cantidad de desechos domésticos e industriales principalmente.

La Ingeniería Civil tradicionalmente ha participado en los trabajos para el abastecimiento de agua potable y la eliminación del agua residual (Vasos de almacenamiento, Obras de toma, Conducción y distribución de agua potable, Pozos de agua, Redes de drenaje y Diseño y construcción de Plantas de Tratamiento), esto se debe a que probablemente, la Ingeniería de salud pública constituye una de las actividades de la Ingeniería Civil, sin embargo la ciencia y la tecnología del manejo del agua es un tema multidisciplinario que comprende la aplicación de principios biológicos (Biólogos, Médicos) químicos (Químicos, Bioquímicos, Laboratoristas) y físicos (Ingeniería Civil, Ambiental, Mecánica).

La Ingeniería de salud pública ó Ingeniería Ambiental en colaboración con otras disciplinas tienen resultados importantes, en un caso concreto como: el promedio de vida del mexicano hasta hace poco era de 45 años, conjuntamente con los avances de la medicina, purificación, disposición y tratamiento del agua, eliminación de desechos humanos e industriales y de la basura, se ha logrado que este promedio se eleve a 67 años gracias a la obtención de saludables condiciones ambientales.

Para el caso del Distrito Federal que en el inicio de su historia ofreció condiciones difíciles y únicas para sobrevivir junto con el agua, posteriormente y debido a los problemas de crecimiento de la ciudad y a las inundaciones registradas, se llegó a la necesidad de desalojar el agua fuera del valle, en el siglo XX se han enfrentado condiciones difíciles, ya que al agotarse el agua en el valle y el crecimiento desmedido de la población, se suministra de cuencas muy lejanas a la ciudad, en el valle se sobreexplota el acuífero y se provocan hundimientos diferenciales en el suelo y problemas en las estructuras, y un problema muy grave tema principal de este trabajo es el agua residual que esta ciudad produce y dispone, lo cual en el capítulo primero se llega a una descripción más profunda de los anterior.

En el capítulo dos se estudia las características del agua, y sus contaminantes, se define al agua residual en sus diferentes etapas, se identifican a los desechos industriales como graves contaminantes y que afectan en gran medida la calidad Fisico-química-biológica del agua residual del D.F., después se da una descripción breve de cada una de las plantas de tratamiento que operan en el D.F., y se explican los usos y los posibles reusos que ofrece esta agua residual tratada, sus efectos a la salud pública y las leyes vigentes sobre su manejo de esta agua.

El tercer capítulo da a conocer la diversidad de tecnologías existentes para el tratamiento de agua residual y las adaptaciones y adopciones para el D.F. Se consideran los tipos de tratamiento y se describe lo más importante de cada proceso unitario de tratamiento desde el preliminar hasta la desinfección, además del tratamiento y disposición de los lodos generados a través de los diferentes procesos de tratamiento del agua residual y resaltar la importancia del muestreo y análisis en las diferentes etapas del tratamiento del agua residual.

El capítulo cuatro ofrece la visualización de posibles problemas, soluciones y resultados en torno al tratamiento del agua residual a futuro, además de una estimación de la oferta de agua tratada, los mayores usuarios de esta agua, y conocer los proyectos a futuro, como las plantas de tratamiento, redes de distribución e incrementar los reusos en base a la mejor calidad de esta agua.

En el último capítulo se da a conocer una conclusión general a la cual se llegó con el desarrollo de este tema, y se dan alternativas para mejorar la calidad del agua, la eficiencia de las plantas de tratamiento, el ahorro del agua potable, el incremento de uso de agua tratada, de llevarse esto a cabo se ahorrarán recursos económicos, se tendrá más la participación del industrial al llevarse a cabo la concesión de plantas de tratamiento y ellos tratar y reusar sus aguas de desecho, y menor contaminación del agua y mejoramiento y aprovechamiento de este líquido, estas acciones son urgentes de realizar y por tradición hidráulica lo realizaremos de manera óptima.

El primer anexo da a conocer de manera sencilla el diseño hidráulico de los procesos unitarios del tratamiento preliminar, utilizando como ejemplo la Planta de Tratamiento de San Luis

Tlaxiátemalco. El segundo anexo da a conocer la eficiencia de volumen y calidad del agua tratada del Distrito Federal, además de hojas de reporte mensual de las plantas de tratamiento de donde se obtuvieron los datos anteriores, y propuesta de encuesta para conocer más a fondo los contaminantes generados por la industria.

En virtud de los problemas actuales de contaminación de aire, suelo y agua, de su magnitud, de su repercusión al ser humano, y el particular la ciudad de México, en la cual es frecuente que los medios de comunicación le dediquen un espacio a este tema de contaminación del agua en la ciudad de México, proponen alternativas, dan su pronóstico si se continúa así o se mejora. Este trabajo tiene como objetivo general dar a conocer de manera sencilla y ayudándose de la historia el porque de esta situación actual de contaminación del agua, el estudio del tratamiento de esta agua residual y sus reusos dentro de la ciudad de México, e invadiendo otras disciplinas, ya que este tema es de solución multidisciplinaria, pretendo que cualquier lector interesado en este tema, entienda y se interese por hacer algo pequeño como una gota de agua, precisamente por el agua.

CAPITULO No 1

" ANTECEDENTES "

1.1 INTRODUCCION

Agua principio y sostén de la vida. Todo vive por el agua, elemento vital que los antiguos deificaron. Los antiguos filósofos le dieron un lugar predominante en la formación del mundo junto al fuego, el aire y la tierra. Hoy la ciencia natural insiste que la vida brotó del agua. todo puede morir por el agua: cuando arrolla, inunda, ahoga y sobre todo cuando falta.

Como se sabe la historia de cada pueblo es la historia de su particular relación con el agua. En la historia de la humanidad, las diversas formas en que los hombres consiguieron acceder al agua y utilizarla para su vida doméstica y actividades productivas ocupan un lugar relevante. Varió la vida doméstica de infinitas maneras; variaron la vivienda y los utensilios: en cada momento hubo un sitio y un utensilio para el agua. Se sucedieron creencias, mitos y religiones, el agua tuvo siempre sus ceremonias, sus ritos, sus sacrificios, sus dioses.

Si las obras que más se recuerdan tienen relación con la defensa del territorio propio o con el homenaje a sus dioses y hombres poderosos junto a ellos hubo obras para controlar, llevar, distribuir o almacenar agua.

México, este país y esta identidad; esta sucesión y suma de culturas que asoman a un nuevo siglo, tiene una historia hidráulica pese a su variada hermosura, la geografía no ha sido enteramente propicia para el desenvolvimiento de la vida de los mexicanos. En el caso del agua engendro decisión y vocación constructiva, no fatalismo ni sumisión. Las obras hidráulicas que son parte de una de las grandes culturas constructoras, así lo prueban.

Estas obras muestran el modo en que los hombres a lo largo del tiempo se relacionan con su entorno natural. La historia del aprovechamiento del agua es la de aquellos que fueron capaces de concebir la manera, el medio y la técnica para construir albardones, canales, acueductos, presas y drenes. También la de muchos miles que tuvieron aptitud para realizar el detalle, para erigir desde lo pequeño y anónimo hasta lo grande y trascendente.

Sin ánimo de restar méritos a lo alcanzado hasta ahora, hay que mencionar que aún existen muchos problemas por vencer: desde hace relativamente pocos años se asiste a un progresivo deterioro de los recursos naturales y el agua en particular. Los ríos de México no son los de otrora, tampoco los lagos, los suelos y la vegetación. Al mismo tiempo la desigualdad y la pobreza y la marginación persiste y el agua no escapa a estas situaciones. En los próximos años este elemento será un factor decisivo en el desarrollo regional del país. En ese porvenir cercano y exigente todos los sectores de la sociedad deberán aportar los esfuerzos para lograr un mejor aprovechamiento del recurso.

La sociedad mexicana tiene un gran desafío por delante, su historia y la de las obras hidráulicas que construyó, muestran que fue posible realizar los trabajos requeridos para abastecerse del líquido, el futuro mostrará si las nuevas generaciones son dignas

sucesoras de esa tradición hidráulica, si las generaciones pasadas fueron básicamente constructoras, a las del presente y futuro nos corresponderá seguir construyendo, pero la responsabilidad será mayor: se deberá emplear eficientemente el agua y la infraestructura, cuidar la calidad del líquido y propiciar las condiciones para un desarrollo sostenido.

1.2 HISTORIA

El problema de abastecimiento de agua a la ciudad de México ha sido motivo de gran preocupación permanente que se remonta a la fundación de la gran Tenochtitlan. A diferencia de otras grandes civilizaciones que nacieron generalmente a la orilla de un gran río, la de los aztecas se fundó en el año de 1325 a 2,240 metros sobre el nivel del mar, en un llano rodeado por lagos y por sierras de más de 5,000 metros sobre el nivel del mar. Así la ubicación de la ciudad ha dificultado desde siempre el suministro de agua a sus habitantes, esta ciudad en poco tiempo se convirtió en el centro indígena más importante de la región: La gran Tenochtitlan, hoy ciudad de México, Distrito Federal, cuya historia guarda una estrecha relación con las características del valle de México.

Desde la época prehispánica fue necesario responder con obras de gran envergadura a situaciones en las que por abundancia o escasez de agua, muchas veces alternadas, se sucedían inundaciones y epidemias, sequías y hambrunas. El sistema hidráulico actual es producto de las acciones realizadas durante 669 años, a partir de la fundación de la gran Tenochtitlan.

En un principio aunque no ocurriesen tormentas extraordinarias, bastaba en que en varios años sucesivos se presentaran veranos lluviosos para que el nivel de los lagos se elevara progresivamente a causa de que se trataba de un valle cerrado, sin desagües naturales. Los islotes y riberas de los lagos ofrecieron a los primeros asentamientos indígenas condiciones inmejorables de seguridad y sobrevivencia. Sin embargo conforme se

acentuó el predominio de los aztecas, el asentamiento de la gran tenochtitlan se extendió hacia las superficies disponibles o aquellas que se ganaba a los propios lagos. Por ello el valor de los terrenos se elevó al acumularse la riqueza humana y material. y la fluctuación de los niveles de los lagos comenzó a ocasionar daños cuantiosos. El problema se enfrentó mediante bordos y diques de contención; en 1450 Netzahualcóyotl, rey de Texcoco, por encargo del rey azteca Moctezuma, diseñó y dirigió la construcción de un albarradón o dique de 16 km. de longitud por 1.5 mt. de ancho para proteger a la gran Tenochtitlan del azote frecuente de inundaciones. Esta obra también ayudó a disminuir la salinidad del agua que rodeaba a la ciudad., además beneficiando a los cultivos. Tenochtitlan era una ciudad lacustre cuyos habitantes aceptaban esas circunstancias naturales, por lo que solo pensaron en contener las aguas, sin crear algún sistema para desalojarlas del valle. En 1521 Hernán Cortés, mando a abrir boquetes al albarradón de Netzahualcóyotl y en 1555 el virrey Velasco ordenó la construcción del albarradón de San Lázaro para desagüe.

En 1604 y 1607 ocurrieron inundaciones provocadas principalmente por el río Cuautitlán, las cuales ocasionaron cuantiosas muertes y daños materiales. para resolver este problema, Enrico Martínez propuso a las autoridades la construcción de un túnel en la zona de Nochistongo, localizado al noroeste del valle de México. La obra terminó en menos de un año y de esta manera el valle dejó de ser una cuenca cerrada al contar con su primera salida artificial. Sin embargo poco después ocurrieron derrumbes por falta de revestimiento, que inutilizaron el túnel; se decidió entonces sustituirlo por un gran tajo o zanja que se terminó después de 160 años de trabajo; así , a partir de 1789 se dio salida permanente a las aguas de la cuenca de México, para seguridad de sus habitantes.

En 1803 y 1804 Humboldt, luego de inspeccionar las obras hidráulicas llegó a la conclusión de había de completar el plan de Enrico Martínez para drenar el valle con un gran canal de desagüe. Pero la lucha por la independencia retrasó este ambicioso proyecto casi un siglo.

Esta época se distinguió desde el punto de vista del sistema hidráulico, por la lucha contra las inundaciones y el desalojo del agua pluvial. desde entonces ya se tenían problemas en la disposición de las aguas residuales, aunque con menor magnitud por el tamaño reducido de la población. por ejemplo, en la época virreynal las autoridades permitían que los drenajes de las casas desaguaran exclusivamente líquidos a las acequias ó zanjas, y el excremento se recolectaba y arrojaba a las afueras de la ciudad por medio de un sistema de drenaje.

La salida de la cuenca por el tajo de Nochistongo empezó a alterar la ecología del valle e inició un nuevo proceso. En esta segunda etapa el nivel de los lagos ya no crecía como en la primera; por el contrario, los diques crearon áreas seguras, propicias para que la ciudad se extendiera por las planicies lacustres. La población y la riqueza se concentraron aún más en las orillas de los antiguos lagos; sin embargo, estas zonas resistieron cuantiosos daños al ser afectadas por inundaciones cuando los ríos que atravesaban la ciudad se salían de su cauce y ocupaban las zonas bajas.

Hacia 1856 las inundaciones eran cada vez más alarmantes, y en algunas zonas su nivel alcanzaba hasta 3 metros de altura, y a principios de ese año se abrió un concurso para el proyecto de las obras de desagüe, ofreciendo un premio de 12,000 pesos oro al vencedor. El plan más completo y el mejor calificado fue el del

En 1803 y 1804 Humboldt. luego de inspeccionar las obras hidráulicas llegó a la conclusión de había de completar el plan de Enrico Martínez para drenar el valle con un gran canal de desagüe. Pero la lucha por la independencia retrasó este ambicioso proyecto casi un siglo.

Esta época se distinguió desde el punto de vista del sistema hidráulico, por la lucha contra las inundaciones y el desalojo del agua pluvial. desde entonces ya se tenían problemas en la disposición de las aguas residuales, aunque con menor magnitud por el tamaño reducido de la población. por ejemplo, en la época virreynal las autoridades permitían que los drenajes de las casas desaguaran exclusivamente líquidos a las acequias ó zanjas, y el excremento se recolectaba y arrojaba a las afueras de la ciudad por medio de un sistema de drenaje.

La salida de la cuenca por el tajo de Nochistongo empezó a alterar la ecología del valle e inició un nuevo proceso. En esta segunda etapa el nivel de los lagos ya no crecía como en la primera; por el contrario, los diques crearon áreas seguras, propicias para que la ciudad se extendiera por las planicies lacustres. La población y la riqueza se concentraron aún más en las orillas de los antiguos lagos; sin embargo, estas zonas resistieron cuantiosos daños al ser afectadas por inundaciones cuando los ríos que atravesaban la ciudad se salían de su cauce y ocupaban las zonas bajas.

Hacia 1856 las inundaciones eran cada vez más alarmantes, y en algunas zonas su nivel alcanzaba hasta 3 metros de altura, y a principios de ese año se abrió un concurso para el proyecto de las obras de desagüe, ofreciendo un premio de 12.000 pesos oro al vencedor. El plan más completo y el mejor calificado fue el del

Ingeniero Francisco de Garay que comprendía el Gran Canal del Desagüe y el primer túnel de Tequisquiac, lo cual constituyó la segunda salida artificial del valle de México; ambas obras se inauguraron en el año de 1900.

1.3 EL VALLE DE MEXICO.

Distribución geográfica del agua.

México cuenta con suficientes volúmenes de agua, como para satisfacer las demandas de abastecimiento de todos los sectores, sin embargo, su distribución geográfica es completamente adversa para más de la mitad del territorio nacional. El país está dividido en 320 cuencas hidrológicas, con un escurrimiento medio anual de 410 000 millones de m^3 en promedio, cifra que representa prácticamente el total disponible como recurso renovable, el estudio de su distribución nos indica que en el norte solo se tiene un escurrimiento de 12 300 millones de m^3 que representa el 3% del total en una área equivalente al 30% del país, mientras que se tiene 205 000 millones de m^3 en el sureste, que representa el 50% de la disponibilidad total en una área no mayor del 20% del territorio.

Dicho de otra manera la mayor disponibilidad de agua se encuentra por debajo de los 500 m.s.n.m. Comparando las zonas de disponibilidad del recurso con las de asentamientos humanos e industriales, existen situaciones contrastantes, tales como más del 85% del agua del país se encuentra en la zona baja, abajo de la cota 500 m.s.n.m. mientras que más del 70% de la población y 80% de la planta industrial se localiza en la zona alta, arriba de los 500 m.s.n.m. de estas últimas el 20% y el 55% se encuentra en el valle de México, que sufre graves problemas de agua.

El valle de México tiene una extensión de 9 600 km^2 , de esta superficie el 53% es plana bien definida y el 47% superficie

accidentada, se encuentra completamente rodeado por montañas, las altitudes de su planicie central oscilan entre los 2240 a 2390 m.s.n.m. y constituye una cuenca cerrada sin salidas naturales para los escurrimientos que se generan dentro de la misma.

Clima y lluvias.

El clima del valle de México se clasifica como subtropical de altura, templado, semiseco y sin estación invernal bien definida, la temperatura media anual es de 15°C. En general las lluvias ocurren de mayo a octubre, y la época de secas abarca el resto del año. La precipitación media anual equivale a una lámina de 700 mm.

Las cadenas montañosas que rodean al valle lo protegen de la acción directa de los huracanes. Las lluvias de verano que son las más intensas, generalmente tienen su origen en fenómenos convectivos que producen tormentas intensas, concentradas espacialmente y de corta duración, pero generalmente provocan inundaciones importantes debido a su alta intensidad.

La distribución temporal de las lluvias en el valle de México es muy desfavorable desde el punto de vista de su aprovechamiento o control, ya que casi la totalidad de la precipitación de un año se concentra en un número muy reducido de tormentas. Así durante una sola tormenta es posible que se precipite entre el 7% al 10 % de la lluvia media anual; de este volumen, más del 50% se precipita en tan solo 30 minutos, lo que provoca grandes crecientes. Comienza a explicarse la paradoja que siempre ha vivido la ciudad, por que a lo largo de su historia el exceso de lluvia ha contrastado con la falta de ella. Por ser difícil controlar los escurrimientos generados durante las tormentas, la ciudad enfrenta el problema de desalojar sus aguas; pero por otra parte lucha por clamar su sed.

Geología y agua subterránea.

Las características espaciales y temporales del agua superficial ha impedido que este recurso se aproveche con mayor medida para satisfacer las necesidades de las poblaciones ubicadas dentro del valle de México, en especial del D.F., por ello los manantiales y los acuíferos íntimamente ligados entre sí, han cumplido la tarea de saciar la sed de la ciudad. El abastecimiento del agua se resolvió en un principio mediante el empleo de los manantiales del valle, pero estos fueron desapareciendo al abatirse su nivel piezométrico por causas del bombeo a que fueron sujetos los acuíferos para tratar de aumentar el caudal. La extracción del agua del subsuelo se inició a mediados del siglo pasado, lo que ocasionó el hundimiento del terreno, este nuevo problema se relaciona con la hidrología de los acuíferos, con los fenómenos geológicos de estratigrafía, tectónica y sedimentología que determinaron las fronteras de dichos acuíferos, y con las características físicas de los manantiales que los conforman.

Desde el punto de vista geohidrológico, la cuenca del valle de México es una gran olla cuyas paredes y fondo impermeables están constituidos por rocas volcánicas, dicha olla está llena de sedimentos fluviales, lacustres y volcánicos y contiene rocas y clásticos de erupciones basálticas o de andecitas basálticas.

Los estratos de arcilla superior e inferior del subsuelo juegan un papel muy importante para la ciudad de México ya que por una parte son el lugar donde descansan los cimientos de sus construcciones, y por otra, constituyen mantos que ceden agua, lo cual implica que sufran asentamientos al abatirse las presiones en el acuífero profundo por causas del bombeo. En 1886 la explotación del agua subterránea se realizaba mediante 1100 pozos someros de los que se extraía un caudal importante. Como conclusión

prematura podemos decir que, es posible que desde entonces haya surgido el problema del hundimiento del terreno. Durante el presente siglo se han registrado hundimientos superiores a los 9 metros. Este fenómeno afecta gran parte del D.F. La sobreexplotación de los acuíferos también ha producido cambios en la calidad PQB del agua subterránea que se extrae. Puesto que se llegan a explotar mantos de agua subterránea que han estado muchos años en contacto con minerales que se disuelven.

Es un hecho comprobado que los acuíferos existentes en la ciudad de México estuvieran sujetos a presiones artesianas, inclusive los relativamente poco profundos. Hoy el bombeo producido con fines de abastecimiento para la zona urbana ha producido abatimiento de niveles piezométricos. Este abatimiento de presión en los acuíferos provoca flujo de agua de los mantos arcillosos hacia ellos, con la correspondiente consolidación de las arcillas, acompañado de pérdida de volumen.

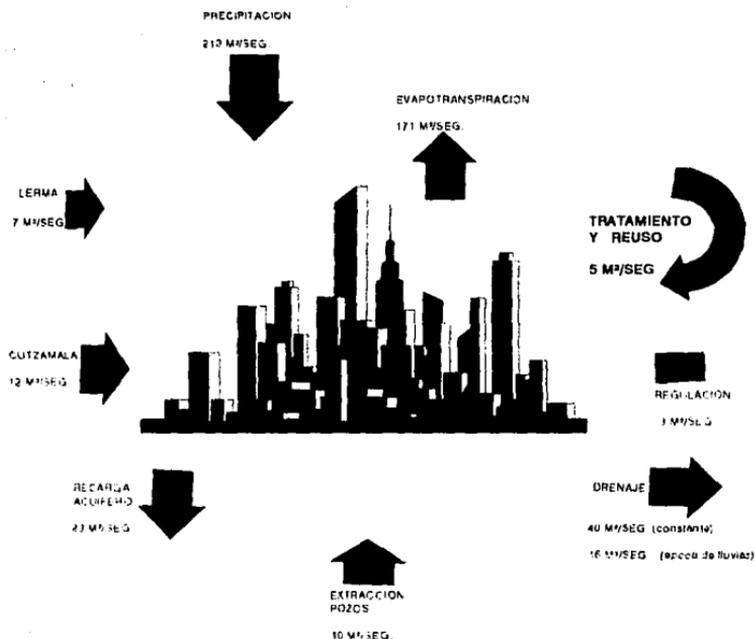
Balance hidrológico.

En la época en que se fundó la gran Tenochtitlan, el funcionamiento hidrológico del valle de México había producido una serie de lagos y lagunas, extensos bosques cubrían sus laderas montañosas y mantenían fijo el suelo de estas áreas, por lo que los escurrimientos tenían poco azolve. Los depósitos subterráneos, llenos a su capacidad mantenían el flujo de numerosos manantiales. El suelo era relativamente estable; la evaporación y transpiración de los lagos, así como la vegetación, propiciaban un clima confortable y menos variable que el actual, en esa época el balance hidrológico permanecía prácticamente inalterado por los pobladores del valle. El volumen de lluvia no se perdía por evapotranspiración, se depositaban en los lagos y lagunas y posteriormente se evaporaba durante la época de secas.

Con el transcurso del tiempo, los habitantes del valle han cambiado el funcionamiento descrito: la cubierta vegetal se ha alterado; las zonas de recarga han disminuido por la creciente urbanización; se aprovecha solo una pequeña parte del agua superficial, que se regula mediante presas y el resto se desaloja fuera de la cuenca; los acuíferos del valle se sobreexplotan más allá de su recarga natural; se contamina el agua y desde 1951 ha sido necesario traerla desde otras cuencas, ya que la existente en el valle ha sido insuficiente para satisfacer las necesidades impuestas por el crecimiento demográfico.

El volumen de lluvia media anual dividido entre el número de segundos en el año arroja un caudal medio equivalente $213 \text{ m}^3/\text{seg}$ se estima que de este caudal se evapotranspiran $171 \text{ m}^3/\text{seg}$ por lo tanto no son susceptibles de aprovechamiento, de los $42 \text{ m}^3/\text{seg}$ restantes, $23 \text{ m}^3/\text{seg}$ recargan el acuífero y $19 \text{ m}^3/\text{seg}$ escurren superficialmente; de estos últimos se regulan $3 \text{ m}^3/\text{seg}$ para su aprovechamiento y se desalojan los $16 \text{ m}^3/\text{seg}$ restantes a través de los drenes del valle para evitar inundaciones, ya que, como se ha mencionado la mayor parte del escurrimiento superficial ocurre durante períodos muy cortos durante los cuales se concentran grandes caudales.

FIG. 1.1 BALANCE HIDROLOGICO E HIDRAULICO DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.



1.4 EL SISTEMA HIDRAULICO DEL SIGLO XX.

La construcción del Gran Canal y el túnel de Tequisquiac propició nuevos asentamientos humanos y de mayor concentración de la población, estas condiciones junto con el desarrollo industrial registrado entorno a la segunda guerra mundial, hicieron crecer las necesidades de abastecimiento de agua.

La extracción de los pozos debió incrementarse poco hasta 1936 a juzgar por la evolución de los hundimientos, los cuales se mantuvieron alrededor de 5 cm. por año, posiblemente gracias a que en 1913 se terminó el acueducto que captaba las aguas de los manantiales de Xochimilco con un caudal de 2.6 m³/seg. de 1936 a 1944 se advierte una deficiencia en las fuentes de agua para satisfacer la demanda de una población que crecía rápidamente, y que en ese lapso el gobierno de la ciudad inició la perforación de los primeros 93 pozos profundos; lo anterior ocasionó que el hundimiento en el centro de la ciudad se incrementara a 18 cm por año entre 1938 y 1948.

El déficit en el abastecimiento de agua a la ciudad, hizo que en 1942 se iniciaran las obras para captar los manantiales del río Lerma en el valle de Toluca. Estas obras se retrazaron hasta 1951 en el que todavía se perforaron otros 10 pozos municipales profundos. En 1947 el Ingeniero Nabor Carrillo presentó un trabajo técnico en el que con datos cuantitativos dejaba claro que la ciudad de México se hundía principalmente por el abatimiento de las presiones del acuífero localizado debajo de ella. Este trabajo creó conciencia de la necesidad de no agravar el problema, sobre todo en

el centro de la ciudad, y hacia 1954 se suspendieron los permisos para perforar pozos particulares. No obstante, en 1955 hubo la necesidad de perforar 10 pozos más, y a pesar de que en 1957 se inauguró el acueducto de los pozos de Chiconautla con un caudal de 3 m³/seg y que en 1960 y 1967 se perforaron alrededor de 50 pozos municipales, esta vez alejados del centro de la ciudad, pero muchos de ellos situados en zonas arcillosas, por lo que también causaron hundimientos; sin embargo, los hundimientos en el centro se redujeron notablemente.

Ante el aumento de la demanda de agua y el de los costos para satisfacerla, se vio la necesidad de tratar aguas residuales para evitar el empleo de agua potable en los usos que no requieren de esta calidad, en 1956 se comenzó a operar la primera planta de tratamiento de aguas residuales, ubicada en el bosque de Chapultepec; las aguas renovadas se emplean en diferentes usos y posteriormente se describirán más ampliamente en el capítulo 2.7

En relación con el desalojo de las aguas residuales y pluviales, a principios del siglo el Ingeniero Roberto Gayol construyó una red de alcantarillado formada por colectores que van principalmente de poniente a oriente, siguiendo de manera aproximada la pendiente del terreno, estos conductos que constituyeron una importante obra de saneamiento para atender a medio millón de habitantes, que descargaban sus aguas en el Gran Canal; pero una de las consecuencias del crecimiento demográfico y la expansión urbana, fue que el sistema de drenaje se volviera insuficiente para una población que se había duplicado en 10 años y que en 1940 era de casi 2 millones de habitantes; en una década hubo inundaciones graves en las zonas bajas de la ciudad.

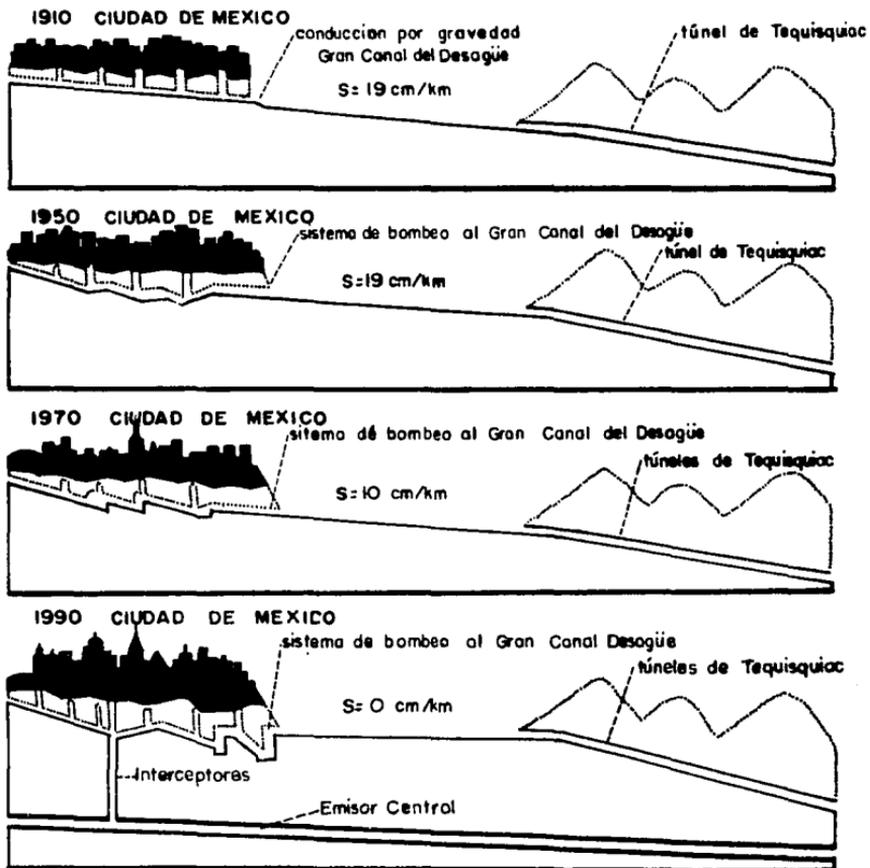
Por otra parte, el asentamiento del subsuelo ocasionado por la

sobreexplotación de los acuíferos, deterioró el drenaje y disminuyó su capacidad para desalojar las aguas de la ciudad de México, lo que motivó la ampliación del Gran Canal y la construcción del segundo túnel de Tequisquiac.

En el centro del D.F. los hundimientos hicieron que el drenaje proyectado para trabajar por gravedad requiriera de bombeo para elevar las aguas hasta el nivel del Gran Canal de 1952 a 1956 se instalaron 29 plantas de bombeo en diversas zonas de la ciudad, lo que implicó un notable aumento en los costos de operación y mantenimiento. También se construyó la red de colectores y se entubaron total o parcialmente los ríos Churubusco, Mixcoac, La Piedad y Consulado, que conducían aguas residuales a cielo abierto en condiciones insalubres. de 1960 a 1961 se construyeron el interceptor y el emisor del poniente con el objeto de recibir y desalojar las aguas del oeste de la cuenca. El emisor mencionado descarga sus aguas a través del tajo de Nochistongo.

El Gran Canal que a principios del siglo tenía una pendiente de 19 cm/km en la actualidad es prácticamente horizontal, en 1910 el nivel del lago de Texcoco, que regulaba las aguas del Gran Canal, se encontraba a 1.9 mts. por debajo del centro de la ciudad; en 1970 el hundimiento había aumentado y el lago de Texcoco ya se encontraba a 5.5 mts. por encima del centro de la ciudad; el desmesurado crecimiento urbano del D.F., demanda más superficie para extenderse; esto junto a los problemas del hundimiento, volvió insuficientes las capacidades del drenaje del Gran Canal y del Emisor del Poniente. Por ello se hizo necesario construir la primera etapa del drenaje profundo, en 1975 se instalaron conductos a profundidades tales que no son afectadas por los asentamientos del terreno; además no requieren de bombeo, ya que con su solo desnivel funciona con eficiencia en época de estiaje, y en época

FIG.1.2 EL HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD DE MEXICO.



de lluvias impide las inundaciones quedando así la cuarta salida del valle de México construida por el hombre.

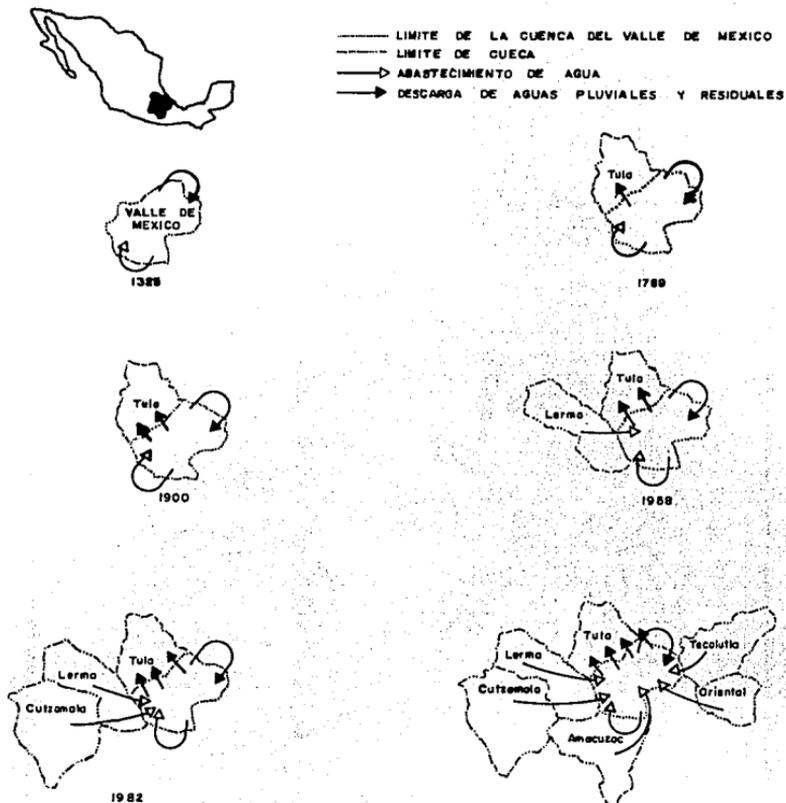
Por otro lado ante la urbanización de grandes superficies, las aguas residuales aumentan en volumen al no poder infiltrarse el agua de lluvia en el suelo por la presencia de pavimento y del concreto, lo que a su vez ocasiona que escurran más rápidamente. Asimismo la eficiencia en la red de alcantarillado ha descendido a causa del hundimiento del terreno y por interferencias con obras viales principalmente el Metro.

Las mayores demandas de agua al ser satisfechas se traducen en mayores volúmenes de aguas residuales que es necesario disponer. Pero su desalojo está íntimamente relacionado al de las aguas de lluvia y las obras requeridas para cubrir a toda la ciudad son costosas y demoradas, esta situación ha ocasionado nuevos problemas: la insalubridad, la contaminación de los ríos y el riesgo de contaminar los acuíferos.

Ahora más que antes, las soluciones derivadas del enfoque de Ingeniería deben completarse con otras disciplinas, surge un nuevo enfoque más amplio, complejo y fascinante, que considera aspectos del desarrollo urbano y de la planeación a largo plazo de las obras y de otras acciones. Se requiere la movilización de factores, la organización moderna para la administración integral de los servicios, la captación de cuantiosos recursos materiales y financieros, así como el desarrollo de apoyos legales y administrativos necesarios para resolver con efectividad y eficiencia los problemas actuales y futuros del sistema hidráulico del D.F.

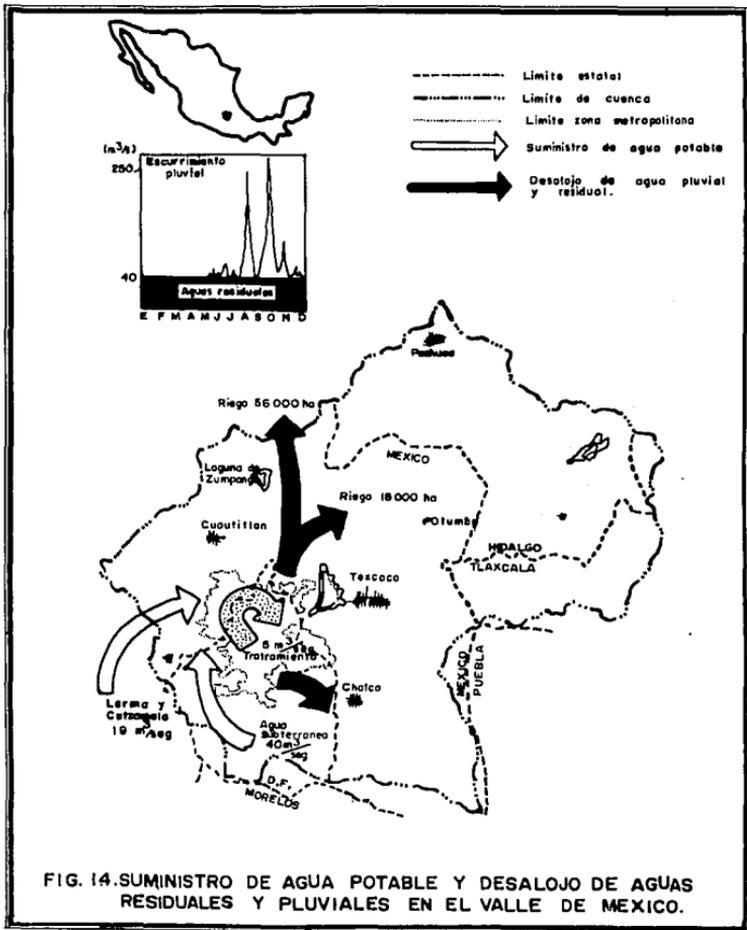
En lo que respecta al abastecimiento de agua para satisfacer

FIG 1.3. EVOLUCION DEL SISTEMA HIDROLOGICO ASOCIADO AL SISTEMA HIDRAULICO DEL "D", "F".



1987 - PROYECTO PARA PRINCIPIOS DEL SIGLO XXI
 1980 - NUEVAS POLITICAS: NO UTILIZAN TECOLUTLA,
 ORIENTAL Y AMACUZAC, QUEDANDO COMO
 RESERVA O EMERGENCIA.

FUENTE: Referencias 1 y 3.



los requerimientos de aproximadamente $63 \text{ m}^3/\text{seg}$ de los usuarios en la cuenca del valle de México, y que son el Distrito Federal y los municipios conurbados del estado de México que están integrados dentro de la ciudad, se importan $7 \text{ m}^3/\text{seg}$ de agua superficial de los acuíferos sobreexplotados de la cuenca del río Lerma y $12 \text{ m}^3/\text{seg}$ del sistema Cutzamala. De los acuíferos del valle de México también sobreexplotados se extraen $40 \text{ m}^3/\text{seg}$ mediante pozos profundos, de estos, $23 \text{ m}^3/\text{seg}$ se renuevan anualmente mediante el proceso de infiltración y $17 \text{ m}^3/\text{seg}$ mediante el volumen almacenado en el subsuelo durante milenios en que no se explotaban los acuíferos.

Como resultado del uso de los caudales señalados, se producen aproximadamente $40 \text{ m}^3/\text{seg}$ de aguas residuales, de este volumen $4 \text{ m}^3/\text{seg}$ se tratan y reusan para el riego de parques, llenado de lagos, lavado de vehículos automotores y diversos usos industriales; además se utilizan aproximadamente $8 \text{ m}^3/\text{seg}$ para regar 18 000 hectáreas agrícolas en el valle de México y valle de Chalco, y el resto se destina al riego de 56 000 hectáreas en el valle de Tula. Las aguas residuales que deben desalojarse de las áreas urbanas representan un caudal prácticamente constante a lo largo del año, el caudal puede conducirse con tuberías de diámetro relativamente pequeño y con los cauces abiertos existentes. Sin embargo los $16 \text{ m}^3/\text{seg}$ del escurrimiento pluvial, al ser producidos por unas cuantas tormentas de corta duración dentro del año generan escurrimientos instantáneos que han sumado hasta $250 \text{ m}^3/\text{seg}$ en las salidas del drenaje del área metropolitana, ello ha obligado a construir el drenaje profundo para evacuar el agua y proteger a la ciudad de México de inundaciones catastróficas.

En lo que respecta al abastecimiento de agua por medio de pozos en la cuenca del valle de México se tiene lo siguiente: al

norte los pozos de Chiconautla, al sur Xochimilco-Misquic-Kotepingo, al oriente los pozos municipales del peñón de los baños y al poniente los pozos municipales del río Magdalena, complementando el estado de México al norte con los Reyes-Tizayuca-Pachuca y al oriente Chalco. En resumen el suministro de agua a la ciudad de México descansa en la siguiente infraestructura hidráulica:

Pozos profundos.....	847 pzas.
Líneas de conducción.....	467 km.
Tanques de almacenamiento y regulación capacidad total $1,500 \times 10^6$ litros.....	240 pzas.
Red primaria (0.5 a 1.83 m. diámetro)....	564 km.
Red secundaria (diámetro < 0.5 m.)....	12,065 km.
Plantas potabilizadoras.....	004 pzas
Dispositivos de cloración.....	326 pzas.

La infraestructura señalada muestra que el sistema hidráulico del D.F. no solo se caracteriza por su complejidad sino también por su magnitud. En resumen los recursos hídricos a la zona metropolitana de la ciudad de México integrada por el Distrito Federal y los municipios conurbados del estado de México es el siguiente:

TABLA 1.1 RECURSOS HIDRICOS DE LA CIUDAD DE MEXICO.

	DISTRITO FEDERAL	MUNICIPIOS EDO. MEX.	ZONA METROPOL. CIUDAD MEXICO
SISTEMA LERMA	3.0	4.0	7.0
SISTEMA CUTZAMALA	7.0	5.0	12.0
POZOS	21.3	19.7	40.0
AGUA POTABLE	31.3	27.7	59.0
AGUA TRATADA	3.8	1.2	5.0

En la actualidad el Distrito Federal tiene el uso de agua potable de la siguiente manera:

- Doméstico.....	20.10 m ³ /seg
- Industrial.....	4.69 m ³ /seg
- Comercial.....	1.00 m ³ /seg
- Servicios.....	3.68 m ³ /seg
- Público y fugas.....	5.63 m ³ /seg
	<u>35.10 m³/seg</u>

El uso doméstico se refiere a la utilización del agua en la vivienda, este uso se diferencia fácilmente de los otros debido a que satisface las necesidades del individuo: higiene, alimentación y condiciones sanitarias de su habitat.

El uso industrial corresponde a los establecimiento industriales; a su vez pueden subclasificarse en otros específicos dentro de cada factoría, debido a la diversidad de productos industriales es difícil explicar el uso del agua en función de factores comunes a cualquier tipo de industria, no obstante pueden distinguirse algunos usos específicos como: procesos, generación de vapor, enfriamiento y servicios generales y son: sanitarios, jardines, patios, diversos usos internos, etcétera.

El uso comercial y de servicios del agua es el que realizan numerosos establecimientos como bancos, Secretarías de estado, almacenes, etc. en algunos casos hay semejanzas entre los patrones de consumo, de estos usuarios y los industriales, por ejemplo cuando el agua se destina al uso sanitario. Sin embargo en la mayoría de los establecimientos, existen otros factores que pueden asociarse al consumo, tanto del tipo físico (características del inmueble e instalaciones sanitarias) como del tipo cualitativo que depende del giro del establecimiento y servicios que proporciona.

Los usos públicos y fugas, agrupan todos los servicios públicos que proporciona el gobierno federal y en particular el

D.D.F. tales como:

- Parques y jardines.
- Lagos recreativos.
- Centros hospitalarios.
- Universidades y centros de enseñanza.
- Terminal aérea, Autotransportes, Metro y Ferrocarril.

CAPITULO No 2

" SITUACION ACTUAL "

2.1 INTRODUCCION.

Un bacteriólogo toma de su gabinete un recipiente de vidrio, lleno hasta la mitad de un material alimenticio preparado recientemente; abre un recipiente cuidadosamente, toca la superficie del nutriente con una varilla de vidrio que porta unas cuantas bacterias, luego sella dicho recipiente y lo coloca en un sitio tibio, el recipiente preparado de esta manera constituirá para las bacterias un universo completo. El ambiente será satisfactorio para el crecimiento y reproducción de las bacterias, en cuatro días se establecerá una colonia bacteriana sana, del tamaño de una moneda de 10 centavos, en seis días la colonia alcanzará las dimensiones de una de 50 centavos. El crecimiento y la rápida reproducción continuarán por otros seis días, posteriormente ocurrirá un desastre un desastre súbito. El rápido final se debe a dos razones. Primera: las bacterias al consumir alimentos y multiplicarse elaboran productos de desecho, estos tienen carácter tóxico y, en cierto momento, la cantidad de estos en el recipiente de vidrio resulta tan grande que las bacterias comienzan a morir por autoenvenenamiento. Segunda: los se consumen y después de unas horas, cualquier bacteria que no haya muerto por autoenvenenamiento, lo hará por inanición.

Este estudio particular requiere consideraciones adicionales

por las analogías con la vida humana en conjunto.

Este capítulo tiene como objetivo principal estudiar, conocer y evaluar los riesgos que se podrían tener si los productos de desecho en este caso las aguas residuales no tuviesen una buena disposición, tratamiento y reuso adecuados. Además, existe una gran diferencia, las bacterias poseen un instinto, el ser humano posee un razonamiento, conociendo lo anterior, si se aplica con inteligencia la tecnología, estaremos muy lejos del comportamiento bacteriano.

Progreso significa acción de ir hacia adelante, pero en el mundo en que hoy vivimos, significa un ciclo de avance y regresión, y que, tal parece que el hombre va en busca de su propia destrucción.

El habitat que nos ha legado la naturaleza esta siendo amenazado por el progreso del hombre. Las obras del hombre estan presentes: Edificios, Unidades habitacionales, Enormes industrias creando productos para el bienestar personal, plásticos, aceites, detergentes... que vienen a reducirse en una sola palabra: contaminación.

A partir de la revolución industrial comenzaron los problemas, el hombre en su afán de desarraigar la tierra, de dispersar sustancias sintéticas y de idear nuevos artificios, ha contaminado al planeta a un ritmo acelerado. Lo grave de este problema no esta en el mismo, sino en la falta de conciencia y de una educación ecológica de los pueblos. No es suficiente ver las consecuencias que trajeron los derrames de petróleo en el pasado conflicto de medio oriente, ni tampoco ver como la selva amazónica se la acaban, y dentro de nuestras fronteras la destrucción de la selva

por las analogías con la vida humana en conjunto.

Este capítulo tiene como objetivo principal estudiar, conocer y evaluar los riesgos que se podrían tener si los productos de desecho en este caso las aguas residuales no tuviesen una buena disposición, tratamiento y reuso adecuados. Además, existe una gran diferencia, las bacterias poseen un instinto, el ser humano posee un razonamiento, conociendo lo anterior, si se aplica con inteligencia la tecnología, estaremos muy lejos del comportamiento bacteriano.

Progreso significa acción de ir hacia adelante, pero en el mundo en que hoy vivimos, significa un ciclo de avance y regresión, y que, tal parece que el hombre va en busca de su propia destrucción.

El habitat que nos ha legado la naturaleza esta siendo amenazado por el progreso del hombre. Las obras del hombre estan presentes: Edificios, Unidades habitacionales, Enormes industrias creando productos para el bienestar personal, plásticos, aceites, detergentes... que vienen a reducirse en una sola palabra: contaminación.

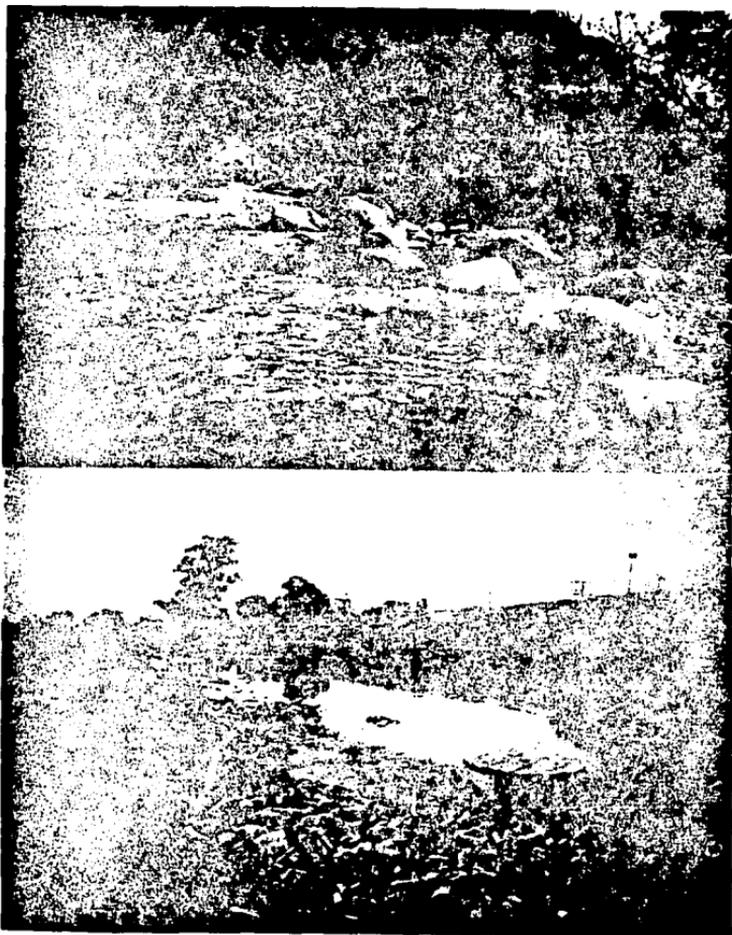
A partir de la revolución industrial comenzaron los problemas, el hombre en su afan de desarraigar la tierra, de dispersar sustancias sintéticas y de idear nuevos artificios, ha contaminado al planeta a un ritmo acelerado. Lo grave de este problema no esta en el mismo, sino en la falta de conciencia y de una educación ecológica de los pueblos. No es suficiente ver las consecuencias que trajeron los derrames de petróleo en el pasado conflicto de medio oriente, ni tampoco ver como la selva amazónica se la acaban, y dentro de nuestras fronteras la destrucción de la selva

lacandona, la deforestación de los bosques de la mariposa Monarca. El lento morir del lago de Chapala, etc. y en el valle de México donde se ubica nuestra gran ciudad orgullo de mexicanos, donde las aguas superficiales ninguna tiene señales de vida acuática, y que a cambio de ello sus cauces son lugar idóneo para el depósito y quema de todo tipo de desechos sólidos, como son llantas, madera, botellas, hule, tela, esponja, etc. La ciudad de México concentra el 20% de la población, el 55% de la actividad industrial, y el 55% de los servicios. En suma el valle de México equivale a lo que hace algunos años se le denominó el penthouse de la República Mexicana, a la cual había que llevar alimentos, energéticos y agua, particularmente cuando sabemos que el 86% de los recursos hídricos se concentran por abajo de los 500 m. s. n. m.

El aumento de la población en los últimos años, ha sido inaudito, cientos de personas procedentes de distintos puntos del país, diariamente ingresan a la capital, lo que hace que la mancha urbana aumente más, y exista exceso de población, basura, falta de servicios, miseria y contaminación. La contaminación por basura desarrolla gran cantidad de organismos nocivos para la salud humana, como hongos, moscas, bacterias, roedores, y al descomponerse esta producen gases, humos y mal olor y por si fuera poco al filtrarse los productos de fermentación de la basura a través del suelo, se pueden contaminar las aguas subterráneas con microorganismos patógenos y sustancias químicas.

En el Distrito Federal como se vio en el capítulo anterior se presentan condiciones que hacen difícil el suministro de agua a la población, debido a diferentes causas, entre las más importantes y que se mencionan a manera de resumen de la siguiente manera:

- a) El crecimiento poblacional.
- b) Carencia del recurso dentro del valle.



Fotografía 2.1 (arriba) y 2.2 (abajo) Comparación de ecosistemas, el primero es un cauce libre de contaminación, limpio y existe la vida acuática, el segundo se ve la contaminación por plásticos, maderas, llantas, metales y no existe la vida acuática. Río de los Remedios D.F.

- c) Altos costos para importar agua de otras cuencas.
- d) Sobreexplotación de los acuíferos externos e internos.

La búsqueda de nuevas fuentes y la necesidad de realizar un manejo racional del agua fue motivo para aprovechar desde 1956 las aguas residuales previo tratamiento en usos que no requieren calidad potable. La primera planta de tratamiento que se construyó para este fin, fue la de Chapultepec, la cual comenzó con un caudal de 80 lts/seg. a partir de ese año hasta 1994 se tiene una capacidad instalada de 6.240 lts/seg con 21 Plantas de Tratamiento.

La demanda de agua potable en la zona del valle de México en los últimos años ha crecido en proporciones alarmantes, plantea la urgente necesidad de instrumentar proyectos concretos para reuso de aguas residuales, en muchos de los cuales la participación del sector privado, especialmente la industria, es de fundamental importancia. La posibilidad de darle más vueltas al agua, que llega al valle de México permitiría, aminorar el deterioro ecológico de la principal zona económica del país, reducir de manera sustancial los enormes costos que supone la conducción y distribución del agua potable así como la posterior disposición de aguas residuales.

Existe una gran diversidad, de industrias establecidas en el valle de México que no requieren para sus procesos agua de primera calidad, no obstante esto, en la actualidad la gran mayoría de las industrias consumen agua potable, en ocasiones el detrimento de su consumo doméstico, fundamentalmente por que el usar agua tratada les resulta económicamente más onerosa.

Los objetivos principales que cumple el tratamiento del agua residual en el D.F., es prevenir una mayor contaminación y tener disponible agua de primera calidad para usos prioritarios. Además

en la medida que exista un beneficiario directo, con base a estímulos o menores costos de servicio. Se estará alentando a que se realice un efectivo proceso de reciclaje o reuso del líquido, en la calidad y volumen necesario.

Existen igualmente diversidad de cultivos que son susceptibles de aprovechar el agua tratada lo que permitiría, por un lado intercambiar esta por agua potable ó como sucede en algunos casos, para el riego sin contar con el tratamiento necesario, como sucede en el valle de Tula. Asimismo la recarga del acuífero constituye un renglón en el cual el agua renovada puede jugar un papel de especial importancia, sobre todo en aquellos lugares en los cuales en la actualidad la explotación de estos acuíferos es mayor que la recarga natural.

Por otra parte, por problemas generados por falta de mantenimiento operativo y la adecuación de los procesos a la variante calidad Físico-Química-Biológica (FQB) de las aguas que se colectan en el sistema combinado de drenaje que tenemos en el D.F. provocó que se redujera la capacidad de producción y que la calidad FQB de las aguas no alcanzara otros niveles que permitiera su diversificación, por esas razones la oferta de aguas renovadas permaneció constante y olvidada satisfaciendo únicamente las demandas señaladas de riego de áreas verdes y llenado de lagos recreativos.

Para superar estos problemas la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) decidió estructurar planes, estrategias y proyectos, y que estos en conjunto comienzan en el año de 1980 con el Plan Maestro de Tratamiento y Reuso, con el objetivo de programar las acciones necesarias que lleven a hacer de estas aguas una fuente complementaria de suministro a la

población. En la primera versión se identificó y evaluó la información existente respecto a la demanda de aguas residuales y a la oferta que podía satisfacerse con la plantas de tratamiento y de acuerdo a las experiencias de otros países se propusieron algunos esquemas de reuso enfocados a satisfacer la demanda de agua en comercios, servicios, usos públicos, industriales y domésticos. Además se identificaron algunos estudios básicos y proyectos piloto de demostración para generar la información necesaria que permitiría identificar los problemas a superar con la implantación de los esquemas mencionados. La segunda versión de este plan presentó los resultados más importantes de los estudios realizados con los cuales se plantean posibilidades para el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas y se señalan, los recursos técnicos, económicos, humanos y legales con que se deberá contar para lograr su aplicación.

El análisis de las posibilidades de reuso considera además las restricciones de carácter sanitario y ambiental que deben observarse puesto que los principales usos del agua en el D.F. implican la participación directa del ser humano o indirectamente vía cadena alimenticia.

La interrelación con otros planes que formuló la DGCOH es un aspecto de gran importancia que se ha tomado en cuenta para relacionar los aspectos de oferta de aguas renovadas con el de agua potable de tal forma de incidir en los usos que por sus características no requieren de una calidad FQB similar a la potable. Con el Plan Maestro de Drenaje se consideró la relación que el manejo hidráulico del sistema tiene en la calidad de las aguas residuales de tal forma de sugerir la regionalización del D.F. en subcuencas con diferente potencial de utilización. Al pretender el uso de crecientes volúmenes de aguas residuales se

contribuye al control de la contaminación que las aguas residuales producen, al desalojarse del D.F. lo cual es uno de los objetivos del Plan Maestro de Sanamiento y Control del Agua. Por último al fijar políticas y acciones concretas para el mantenimiento de las estructuras y equipos de que constan las plantas de tratamiento se sugiere la relación con el Plan Maestro de Mantenimiento.

La elaboración del Plan Maestro de Tratamiento y Reuso en 1980 marcó el inicio de varios estudios entorno al tratamiento y reuso de las aguas residuales del D.F. entre los más importantes se encuentran:

- 1.- Metodología analítica para el monitoreo y control de las aguas residuales tratadas. (1980)
- 2.- Evaluación de daños a la salud por el uso de aguas residuales tratadas. (1981)
- 3.- Evaluación de los procesos biológicos de tratamiento. (1981)
- 4.- Optimización de la distribución de las aguas residuales tratadas. (1982)
- 5.- Programa de optimización de plantas de tratamiento. (1982)
- 6.- Red maestra de agua renovada para el D.F. (1985)
- 7.- Recarga de acuíferos con agua residual tratada en Santa Catarina y Cerro de la Estrella. (1989)
- 8.- Abastecimiento de Agua tratada para la zona industrial de Vallejo e Iztapalapa. (1990)
- 9.- Plantas de tratamiento de aguas residuales tipo 15 lps y 30 lps. (1990)

Estos estudios y proyectos son los más importantes que en los últimos años se han realizado entorno al agua residual tratada y agua residual, algunos de ellos ya se han llevado a cabo total o parcialmente, esto nos hace ver claramente la importancia de tratar esta agua y diversificar su uso dentro del Distrito Federal.

2.2 CARACTERISTICAS Y CONTAMINACION DEL AGUA.

De los planetas del Sistema solar la tierra es el único que presenta una cantidad muy importante de agua, aproximadamente 3/4 partes de la superficie de la tierra. Esta se encuentra distribuida principalmente de la siguiente manera: el 97% del agua es salada y por lo tanto, inutilizable para el consumo humano, exceptuando algunas actividades industriales, como refrigeración de las centrales nucleoelectricas. El 3% restante es agua dulce, de la cual el 90% de esta agua dulce se encuentra en forma de hielo en los casquetes polares y glaciares de las altas cadenas montañosas, por lo que tampoco se debe disponer de ella fácilmente, el resto de esta agua dulce se encuentra en ríos, lagos y acuíferos subterráneos, y es de aquí donde el hombre se abastece para satisfacer sus necesidades de vida.

Se ha observado y comprobado que en la ausencia de este líquido ninguna de las funciones y procesos relacionados con la vida ocurren. Simplemente hay que acordarse de las hipótesis que determinan que las formas de vida más primitivas aparecieron en el medio acuoso, esto sugiere que el agua debe poseer propiedades únicas que son esenciales para la vida.

Propiedades químicas del agua.

Parece tan simple y es tan cotidiana, que apenas observamos en las extrañas particularidades de este compuesto, hecho a la medida de nuestro entorno, si nos fijamos en su composición molecular -dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno- el agua jamás debería encontrarse en estado líquido a temperatura ambiente.

Debería transformarse en gas como lo hacen otros compuestos similares.

Desde el punto de vista químico el agua es verdaderamente una sustancia excepcional ya que sus propiedades se salen del comportamiento común. Examinando otros compuestos que también son solventes se ve que el agua se sale de la lógica por ejemplo: el agua tiene el punto de ebullición, de fusión y su calor de vaporización muy elevado. para expresar esta conducta anormal del agua, se compara su comportamiento con el de los dihidruros del grupo seis de la tabla periódica, donde junto con el oxígeno se encuentra el azufre, selenio y telurio fig (2.1 a). De acuerdo a esta comparación el agua debería tener un punto de ebullición alrededor de los -100°C , en lugar de los 100°C que tiene. Alternativamente se hace una segunda comparación, el agua se compara con sustancias que tienen el mismo número de electrones por molecula, en este caso la gráfica muestra que el agua presenta los valores más altos para las propiedades térmicas. (Fig 2.1.b)

Al contrario de lo que sucede con todas las sustancias conocidas, en estado sólido es capaz de flotar sobre un volumen de si misma en forma de líquido. Además el agua también se encuentra en la naturaleza en estado gaseoso. Es el único elemento capaz de mostrarse en sus tres estados -sólido, líquido, gaseoso- en el medio ambiente.

Su resistencia al aumentar o disminuir su temperatura es muy superior a la de otros líquidos o sólidos. Se trata además un disolvente casi universal, por lo que es prácticamente imposible encontrarlo en estado puro en la naturaleza.

El origen de estas particularidades radica en su estructura

FIG 2.1.a PROPIEDADES DEL AGUA Y OTROS DIHIDRUROS.

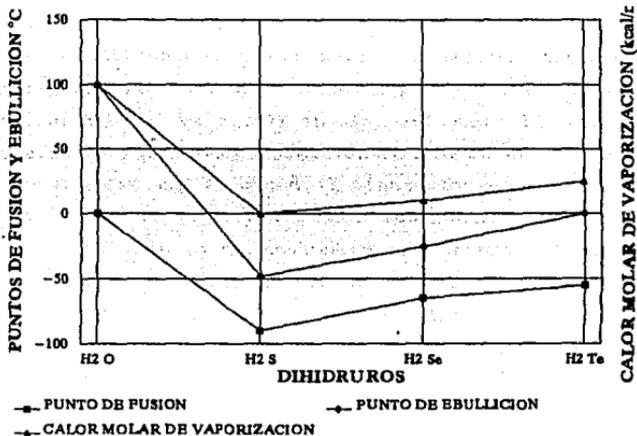
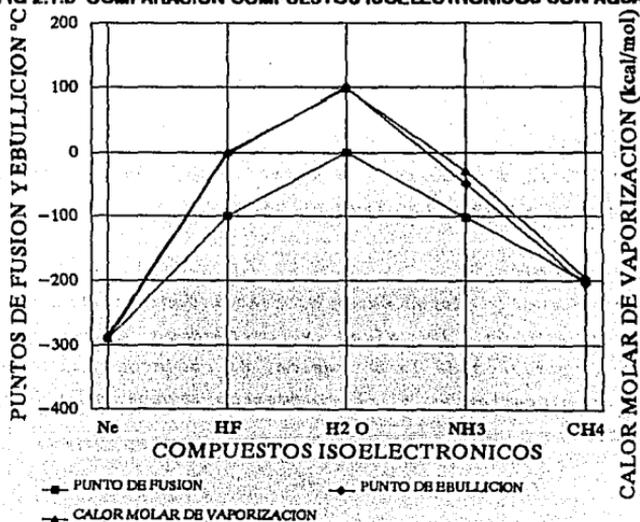


FIG 2.1.b COMPARACION COMPUESTOS ISOELECTRONICOS CON AGUA



moléculas. El átomo de oxígeno es mucho mayor que el del hidrógeno, lo que obliga a los electrones a agruparse en la parte de la molécula ocupada por aquel, provocando un desequilibrio eléctrico entre una y otra parte de la molécula, que se conoce con el nombre de dipolaridad. El comportamiento de dipolo se intensifica por los enlaces por puentes de hidrógeno, este comportamiento hace que el agua sea el solvente universal. El hecho de que sea una molécula dipolar provoca que prácticamente cualquier sustancia de carácter hidrofóbico e hidrofílico se disuelven en ella en mayor o menor grado, esta característica tiene sus ventajas y desventajas. Desde el punto de vista de contaminación que es el que nos interesa la facilidad de dilución hace que sea un líquido altamente contaminable, encontrando tanto material orgánico como inorgánico en ella.

En grandes volúmenes presenta un matiz azulado, su punto de ebullición al nivel del mar es de 100°C y su punto de congelación es de 0°C . A los 4°C alcanza su densidad máxima de 1.0 gr/cm^3 .

Propiedades físicas del agua.

Estas propiedades son muy fáciles de medir rápidamente.

Temperatura.

Esta varía de acuerdo a la estación del año y al medio en que se encuentre, ya sea río, lago o acuífero.

Sabor y olor.

Los sabores y olores están asociados con: a) materia orgánica en descomposición, b) algas y organismos microscópicos, c) productos metálicos de la corrosión, d) residuos industriales, e) cloro y desinfectantes y f) compuestos orgánicos sintéticos no degradables.

Color.

Aun el agua pura no es incolora; tiene un tinte azulado en grandes volúmenes. es necesario diferenciar entre el color verdadero debido al material en solución y al color aparente debido a la materia suspendida. Los consumidores rechazan al agua cuando esta muy coloreada, por razones estéticas y para ciertos usos industriales inaceptables.

Turbidez.

La presencia de sólidos coloidales le da al líquido una apariencia nebulosa que es poco atractiva y puede ser dañina. La turbiedad en el agua pueden causarlas partículas de arcilla y limo, descargas de aguas residuales, desechos industriales o la presencia de numerosos microorganismos.

Propiedades biológicas del agua.

Una de las características de la mayoría de las aguas es que contienen una amplia variedad de microorganismos que forman un sistema ecológico balanceado. Los tipos y números de los diferentes grupos de microorganismos presentes están relacionados con la calidad del agua y otros factores ambientales. En el tratamiento de las aguas residuales de naturaleza orgánica, los microorganismos tienen un lugar importante y la mayoría de especies que se encuentran en el agua natural son inocuas para el hombre, sin embargo ciertos microorganismos causan varias enfermedades y su presencia en el agua residual representan un problema de salud. Por esta razón, es necesario conocer los principios básicos de microbiología y así comprender como participan los microorganismos en el control de la calidad del agua.

El agua es un factor importante para los seres vivos por que más de las 3/4 partes del organismo humano son agua, es decir es un

Color.

Aun el agua pura no es incolora; tiene un tinte azulado en grandes volúmenes, es necesario diferenciar entre el color verdadero debido al material en solución y al color aparente debido a la materia suspendida. Los consumidores rechazan al agua cuando esta muy coloreada, por razones estéticas y para ciertos usos industriales inaceptables.

Turbidez.

La presencia de sólidos coloidales le da al líquido una apariencia nebulosa que es poco atractiva y puede ser dañina. La turbiedad en el agua pueden causarlas partículas de arcilla y limo, descargas de aguas residuales, desechos industriales o la presencia de numerosos microorganismos.

Propiedades biológicas del agua.

Una de las características de la mayoría de las aguas es que contienen una amplia variedad de microorganismos que forman un sistema ecológico balanceado. Los tipos y números de los diferentes grupos de microorganismos presentes están relacionados con la calidad del agua y otros factores ambientales. En el tratamiento de las aguas residuales de naturaleza orgánica, los microorganismos tienen un lugar importante y la mayoría de especies que se encuentran en el agua natural son inocuas para el hombre, sin embargo ciertos microorganismos causan varias enfermedades y su presencia en el agua residual representan un problema de salud. Por esta razón, es necesario conocer los principios básicos de microbiología y así comprender como participan los microorganismos en el control de la calidad del agua.

El agua es un factor importante para los seres vivos por que más de las 3/4 partes del organismo humano son agua, es decir es un

componente de construcción.

La estructura de los tejidos y las células vivientes son sumamente complejas, incluyen las más complicadas moléculas conocidas, las proteínas y una gran cantidad de otros compuestos tales como los carbohidratos, grasas, fosfolípidos, esteroides, etc, las cuales tienen importantes actividades específicas, todas estas sustancias complejas forman solo una porción del peso total de los tejidos vivos el componente principal de estos tejidos es el agua presente en cantidades muy superiores al total de todos los demás componentes.

Así el 93% del plasma sanguíneo y cerca del 60% de los glóbulos rojos de la sangre es agua, el tejido muscular tiene aproximadamente cerca del 80% de agua y esta representa más de la mitad, casi más del 75% en otros tejidos diferentes. La única excepción son los tejidos relativamente inertes como el pelo y las partes sólidas de los huesos.

Todos los organismos que se encuentran en el agua son importantes para el control de calidad del agua, sin considerar: a) si tienen su medio natural de vida en el agua o pertenecen a poblaciones transitorias por el hombre o sus obras; b) si su crecimiento lo propician los nutrientes presentes en el escurrimiento natural y en aguas residuales municipales o lo inhiben venenos ambientales de los drenajes y efluentes industriales y c) si son capaces de infectar o envenenar al ser humano y los animales superiores o domésticos para consumo humano o si poseen la capacidad de destruir residuos orgánicos y restituir al agua su pureza natural.

Contaminantes químicos del agua.

Hay compuestos químicos cuya presencia en el agua podría ser dañina o mortal para la vida humana. Cuando se evalúan los riesgos potenciales, es necesario considerar dos aspectos del problema, uno de ellos es el efecto agudo que podría producirse por la descarga accidental en una fuente de abastecimiento de agua con suficiente materia tóxica como para producir síntomas inmediatos a los consumidores. Esta forma de contaminación es, afortunadamente rara y es seguro que el contaminante producirá efectos obvios en la fuente de agua tales como mortandad de peces, sabores fuertes y olores penetrantes, etc. El otro tipo que es más insidioso de contaminación química, ocurre cuando el contaminante se convierte en un riesgo a largo plazo debido a que la exposición es en pequeñas concentraciones, tal vez durante muchos años. En estas condiciones la determinación de los niveles permisibles para los contaminantes en cuestión es muy difícil, ya que la evidencia científica probablemente es muy limitada y difícil de interpretar.

Los contaminantes químicos en el agua representan una enorme variedad de sustancias, las cuales son de origen orgánico e inorgánico y se pueden encontrar en el agua disueltas, suspendidas o en forma coloidal. Durante los procesos de tratamiento muchas de las sustancias son degradadas biológicamente, sobre todo las orgánicas no sintéticas, otras son sedimentadas para que por un proceso unitario de tratamiento puedan separarse. Las materias orgánicas que no son biodegradables son removidas de las aguas mediante tratamientos físico-químicos de acuerdo a su naturaleza.

Los contaminantes químicos son de gran importancia por que muchos de ellos interfieren con los tratamientos biológicos y además constituyen una amenaza para la salud cuando las aguas los contienen en mayor cantidad que los límites permisibles de acuerdo a controles de calidad química del agua.

Acidez.

El agua ácida trae como consecuencia que el agua sea corrosiva y por lo tanto más susceptible de contaminación por metales, además la presencia de acidez puede ocasionar en las poblaciones microbianas el envenenamiento por iones hidrógeno trayendo como consecuencia retrasos o cambios en los tratamientos biológicos.

Alcalinidad.

La presencia de bases trae como consecuencia que los cambios de pH bruscos propicien cambios en las poblaciones microbianas y se propicien las condiciones de putrefacción, además de que se fomenta formación de incrustaciones en el conducto o tubería. En lo que respecta a los metales pesados estos en la actualidad han adquirido una gran importancia desde el punto de vista de contaminación, ya que se ha demostrado que causan graves daños a la salud: entre los contaminantes metálicos más peligrosos están:

Plomo.

Uno de los primeros problemas de contaminación química, surgió cuando se empezaron a usar tuberías de plomo en las instalaciones domésticas. Las investigaciones más recientes relacionan incluso las concentraciones bajas de plomo en la sangre con una multitud de trastornos, entre los que figuran la disminución del cociente intelectual, la agresividad y la hiperactividad, la incapacidad para fijar bien la atención, la disminución de la agudeza auditiva, la lentitud en el tiempo de reacción, el crecimiento lento y la pérdida del equilibrio. El plomo en concentraciones pequeñas es verdaderamente perjudicial para los niños. Se estima que aproximadamente el 25% de los niños en la ciudad de México presentan concentraciones peligrosamente altas en la sangre. La Secretaría de Salud relaciona al plomo con la agudización de los trastornos de aprendizaje y con la disminución del cociente

intelectual (saturnismo). Dentro del organismo el plomo ataca al cerebro y a otros órganos que por cierto lo confunden con el calcio permitiéndole adherirse a enzimas esenciales y trastornar el funcionamiento de los órganos vitales. A medida de que se desarrolla el organismo, crea barreras contra las propiedades destructivas del plomo. Pero como este nunca se descompone se acumula en el organismo para toda la vida y en concentraciones muy altas en los adultos provoca dolores agudos en los muslos, órganos sexuales, tórax, riñón e hígado. Surge como contaminante al utilizar tuberías de plomo, vajillas vidriadas con pintura, pinturas, escapes de autos combustión de gasolina) que contamina el aire y posteriormente se incorpora al agua.

Mercurio

Este contaminante llega al agua por diferentes industrias como son: del papel, plásticos, insecticidas o plagicidas, de pintura y mineral de plata. El mercurio ha mostrado sus graves efectos contaminantes en los organismos que lo ingieren, por ejemplo la descalcificación aguda de los huesos, desórdenes en el sistema nervioso, daños en los riñones e hígado, y también daños a nivel cromosómico que causan mutaciones genéticas hereditarias.

Arsénico

El arsénico es otro metal pesado que está íntimamente ligado al plomo y está asociado a la fundición de metales, fabricación de plagicidas y combustión de carbón. Causa problemas a los riñones, aparato digestivo, por lo que los plagicidas hechos a base de este metal, han sido restringidos totalmente en cuanto a su fabricación y venta. Las concentraciones mayores de las permisibles dan lugar a una intoxicación endémica y es uno de los responsables del cáncer en diferentes órganos.

Calcio y Magnesio.

La dureza del agua se debe a la presencia de estos dos elementos, el consumo de esta agua dura esta asociado a una mayor prevalencia de enfermedades cardiovasculares y más susceptible a la hipertensión.

Nitrógeno.

El nitrógeno en exceso constituye un contaminante bastante importante para el agua, la contaminación nitrogenada tiene que ver en gran parte con la cantidad de materia orgánica presente en las aguas, es decir, las aguas residuales fuertes presentan un contenido importante de nitrógeno, aunque hay que mencionar que también hay compuestos inorgánicos nitrogenados. El nitrógeno ingresa a las aguas por dos fuentes importantes que son: a) desechos domésticos que incluyen a las partículas alimenticias, detritus humanos y de animales, en este caso el nitrógeno esta formado por urea y nitrógeno proteico. b) desechos industriales relacionados con la industria alimenticia, abonos, fertilizantes, explosivos, afinación de metales, textil, mataderos y plantas de refrigeración.

El nitrógeno como contaminante se puede encontrar de las siguientes formas, nitrógeno orgánico, amoníaco, nitratos y nitritos, cada uno de estos actúa de diferente forma como contaminantes pero generalizando podemos decir que ejerce una gran demanda química y bioquímica de oxígeno (DBO y DQO) para los procesos de oxidación comparados con los que se requieren para la oxidación de compuestos carbonaceos. Los compuestos nitrogenados estimulan el proceso de eutroficación en lagos y ríos, ocasionando enormes perdidas de agua dulce, este proceso consiste en un crecimiento exagerado de ciertos tipos de aguas pluricelulares, como son la lentejilla y el lirio acuático, los cuales se alimentan

de estos compuestos, el exceso de estas poblaciones causan graves desequilibrios en los ecosistemas acuáticos, hasta que finalmente se desecan y se vuelven zonas pantanosas, sobre todo los lagos y los ríos donde existe poco movimiento de agua, un caso particular es el lago de Guadalupe el cual queda muy cerca de la ciudad, y el vaso regulador Carretas que prácticamente ha desaparecido.

Amoníaco.

Lo podemos encontrar en el agua como iones amonio ó amoníaco libre, es el compuesto nitrogenado que más abunda en el agua, debido que es un producto base para la industria, y además es un producto natural de descomposición de la materia orgánica. El amoníaco en solución acuosa es altamente tóxico para la fauna acuática aún en concentraciones bajas, la exacta concentración de este compuesto depende del pH y temperatura del agua. La fauna expuesta a una cantidad mayor de la permisible de amoníaco en el agua provoca una significativa reducción de la capacidad de combinación del oxígeno en la sangre por lo que los animales mueren de asfixia.

El amoníaco también reduce la efectividad de la cloración que se utiliza ampliamente como una etapa final de tratamiento de agua, para eliminar completamente los organismos patógenos. Cuando se lleva a cabo la cloración en presencia de amoníaco, se da origen a las cloramínas que son sustancias menos efectivas en la desinfección y que se ha visto que tienen relación con orígenes cancerígenos.

Nitratos.

Son contaminantes que favorecen la eutroficación y además se sabe que el agua que contiene grandes concentraciones de este compuesto y se utiliza para alimentos para recién nacidos pueden

causar la muerte ya que se impide que se forma oxihemoglobina y se forme la metahemoglobina que no lleva oxígeno por lo que se produce la asfixia.

Nitritos.

Son compuestos inorgánicos presentes en las aguas residuales de las industrias de embutidos, curados de carne y de reacciones de la reducción de los nitratos, estos compuestos son importantes por que pueden dar origen a la formación de nitrosaminas que son sustancias cancerogénicas por lo que se ha prohibido que las industrias de embutidos los utilicen como conservadores.

Fósforo.

El fósforo y nitrógeno son nutrientes necesarios para los organismos, sin embargo como casi todo componente en exceso se vuelve contaminante, la fuente de contaminación con fósforo son los residuos biológicos tanto de humanos como de animales y varias industrias tiene relación con estos compuestos, en lo que se refiere a la fuente doméstica tenemos los residuos alimenticios, heces fecales de humanos y animales, y la industria tiene los detergentes, fertilizantes, abonos, alimentos, industria química, afinación de metales, explosivos y juegos artificiales. En la industria se usa para inhibir las incrustaciones y la corrosión. El fósforo contamina como: fósforo orgánico, ortofosfatos y polifosfatos.

El fósforo orgánico si es de material no sintético es biodegradable, y si es de origen sintético puede removerse por procesos químicos como la floculación. Los ortofosfatos desde el punto de vista contaminación es de los más ligeros ya que las bacterias poseen la capacidad de absorber el exceso de fósforo por sus requerimientos nutricionales y los almacenan en su célula.

Los polifosfatos son compuestos contaminantes mucho muy importantes. se utilizan en la elaboración de detergentes, su remoción de las aguas no es rápida ni sencilla, ya que las bacterias en muchas ocasiones carecen de mecanismos biológicos para degradarlos. Estos organismos sintéticos persisten por un tiempo prolongado en el medio ambiente, además por la facilidad para generar espumas. El problema de las espumas es que ocasiona una falta de oxigenación adecuada al agua, ya que en la superficie se forman capas gruesas de espuma que lo impide, también impiden la entrada de la luz, por lo que inhiben la fotosíntesis de las plantas acuáticas originando la muerte del fitoplancton, y dificulta la respiración de los peces que llegan a la muerte.

Cloro.

El cloro su uso más general es la desinfección de las aguas, ya que destruye los organismos patógenos. Los compuestos clorados que más contaminan son los plagicidas, hervicidas e insecticidas ya que están hechos a base de cloro. Entre los insecticidas orgánicos sintéticos de mayor importancia están el dieldrin, DDT, DDD. En el caso del ser humano, el DDT también está relacionado con el metabolismo del calcio, con el aumento de cáncer en el hígado y trastornos en la función pulmonar, en el caso de los insecticidas después de varios estudios demuestran que los beneficios son mínimos comparados con los perjuicios (degrada los suelos, creación de plagas resistentes a estos y posible contaminación de los cultivos).

Flúor.

El Flúor reacciona violentamente con numerosos elementos tanto metálicos como no metálicos formando los fluoruros, que se encuentran sobre todo en las aguas subterráneas, que están en contacto con minerales ricos en flúor, no causa envenenamientos ni



Fotografía 2.3 (arriba) y 2.4 (abajo), proceso de eutroficación, el primero todo está cubierto con lirio acuático y lentejilla y que está convirtiendo en terreno firme. El segundo término se puede ver zonas entre el lirio acuático y el agua, la vida acuática es nula esto ocasionado por grandes cantidades de nitrógeno y fósforo además del poco movimiento de las aguas. Vaso regulador Carretas. D.F.

provoca enfermedades, cuando hay exceso de fluoruros en el agua se provoca el fenómeno de fluorosis que afecta el esmalte de los dientes.

Contaminantes físicos del agua.

Son formas de energía que se adicionan al agua y que causan alteración en sus características, así como al ecosistema acuático, estos contaminantes son el calor y la radiactividad.

Calor.

Se considera un contaminante del agua por que reduce de manera significativa el oxígeno disuelto en el agua, por lo tanto los seres acuáticos se ven afectados por la disposición de este elemento vital. Las industrias en muchas ocasiones descargan a cuerpos receptores aguas de proceso a temperaturas más elevadas de lo normal ocasionando el problema anterior. También se sabe que los procesos vitales implican reacciones químicas y sus velocidades se ven alteradas por los cambios de temperatura ocasionando una mayor exigencia de oxígeno. También se ha observado que ha temperaturas superiores se favorece el crecimiento de organismos patógenos, que atacan a plantas y animales causando una elevada mortalidad, esto favorece condiciones de descomposición que llevan a una completa contaminación del agua. Sabemos que las aguas residuales requieren una mayor cantidad de oxígeno para su descomposición ya que son ricas en material orgánico, por lo que el calor dificulta más estos procesos de tipo aerobio y se favorecen los anaerobios.

Radiactividad.

Estos causan efectos muy variados dependiendo del material que se trate y de su cantidad. En forma general los productos radiactivos, según investigaciones indican que ocasionan enfermedades tales como leucemia, cáncer en distintos órganos.

causan daños a nivel genético como mutaciones del DNA, que es la molécula que lleva la información hereditaria.

Contaminantes biológicos del agua.

Los organismos difieren en sus requerimientos de oxígeno: los aerobios necesitan presencia de este, mientras que los existen en ausencia del mismo, las formas facultativas tienen preferencia por una forma de ambiente con oxígeno, pero pueden vivir en la otra si es necesario, en términos de requerimientos de temperatura, hay tres tipos principales de organismos, a) los psicófilicos que viven a temperaturas cercanas a 0°C, b) los mesófilicos que son los más comunes que viven a temperaturas entre los 20°C y 40°C y c) los termófilicos que viven a temperaturas entre 40°C y 70°C. En la práctica estos límites se rebazan y se encuentran organismos que crecen activamente a cualquier temperatura fuera de estos rangos.

Los contaminantes biológicos más importantes y que causan desequilibrios graves en los ecosistemas y al hombre le causa diferentes enfermedades son:

Bacterias.

Se conocen alrededor de 1500 especies que se clasifican e relación con criterios tales como: tamaño, forma y agrupamiento de células, características de la colonia, reacción a la tinción (teñir), requerimientos de crecimiento, movilidad, reacciones químicas, etc. Se encuentran formas aerobias, anaerobias y facultativas.

Las bacterias como contaminantes del agua están relacionados con diferentes enfermedades hídricas. El agua debido a sus propiedades es el medio que favorece el desarrollo de las bacterias, en la realidad de manera natural el agua los contiene.

causan daños a nivel genético como mutaciones del DNA, que es la molécula que lleva la información hereditaria.

Contaminantes biológicos del agua.

Los organismos difieren en sus requerimientos de oxígeno: los aerobios necesitan presencia de este, mientras que los existen en ausencia del mismo, las formas facultativas tienen preferencia por una forma de ambiente con oxígeno, pero pueden vivir en la otra si es necesario, en términos de requerimientos de temperatura, hay tres tipos principales de organismos, a) los psicrófilicos que viven a temperaturas cercanas a 0°C, b) los mesófilicos que son los más comunes que viven a temperaturas entre los 20°C y 40°C, y c) los termófilicos que viven a temperaturas entre 40°C y 70°C. En la práctica estos límites se rebazan y se encuentran organismos que crecen activamente a cualquier temperatura fuera de estos rangos.

Los contaminantes biológicos más importantes y que causan desequilibrios graves en los ecosistemas y al hombre le causa diferentes enfermedades son:

Bacterias.

Se conocen alrededor de 1500 especies que se clasifican e relación con criterios tales como: tamaño, forma y agrupamiento de células; características de la colonia, reacción a la tinción (teñir); requerimientos de crecimiento, movilidad, reacciones químicas; etc. Se encuentran formas aerobias, anaerobias y facultativas.

Las bacterias como contaminantes del agua están relacionados con diferentes enfermedades hídricas. El agua debido a sus propiedades es el medio que favorece el desarrollo de las bacterias, en la realidad de manera natural el agua los contiene.

sin embargo cuando el agua está contaminada sobre todo con materia orgánica van a proliferar de manera muy importante.

El agua y los alimentos son el vehículo de transmisión de enfermedades cuya puerta de penetración es la boca y el tubo digestivo. El agua puede contener agentes infecciosos ó bacterias que causan las siguientes enfermedades como: cólera, tifoidea, paratifoidea y disenteria. Las bacterias infecciosas suelen llegar al agua con excreta de enfermos o portadores, ya sean humanos o animales, las verduras regadas con agua contaminada o residual en muchas ocasiones son un auténtico peligro sanitario cuando se consumen crudas.

Se sabe además que estos organismos son unicelulares microscópicos pertenecientes al reino de las protistas, siendo la mayoría vegetales, están ampliamente difundidos en toda la naturaleza, agua, suelo y atmósfera. Algunas bacterias son móviles, es decir que son capaces de moverse por su propia fuerza, y otras son inmóviles. Las bacterias requieren como todo ser vivo de alimentos, oxígeno y agua. Solo pueden existir cuando el medio ambiente los provee de estas necesidades, como resultado de sus procesos vitales son sus productos de desecho. Las bacteria se clasifican en dos grupos principales: las parásitas y las saprófitas.

Bacterias parásitas. - Son las que viven normalmente a expensas de otro organismo vivo, llamado huésped, por que necesitan recibir el alimento ya preparado para consumirlo, generalmente no se desarrolla fuera del cuerpo del huésped. Las bacterias parásitas que tiene importancia en las aguas residuales, provienen generalmente del tracto intestinal de las personas y de los animales cuyas defecaciones van a parar al drenaje. Entre las

bacterias parásitas se incluyen ciertos tipos específicos que, durante su desarrollo del cuerpo del huésped, producen compuestos tóxicos o venenosos que causan enfermedad al huésped, estas bacterias se les conoce como bacterias patógenas, pueden estar presentes en las aguas residuales. La posible presencia de estos microorganismos en las aguas residuales, es una de las razones por las cuales deben colectarse cuidadosamente, tratarse en forma adecuada y disponer de ellas de manera segura, para prevenir cualquier transmisión de estas bacterias patógenas de una a otra persona.

Bacterias saprofitas. - Son las que se alimentan de materia orgánica muerta, descomponiendo los sólidos orgánicos para obtener el sustento necesario, y produciendo a su vez sustancias de desecho que consisten en sólidos orgánicos e inorgánicos. Por esta actividad son de suma importancia en el tratamiento de aguas residuales ideados para facilitar o acelerar la descomposición natural de los sólidos orgánicos. Tales procesos de descomposición no progresarían sin su actividad. En ausencia de vida bacteriana (esterilidad) no tiene lugar la descomposición en que se basan los métodos comunes de tratamiento. Hay muchas especies de estas bacterias y cada una desempeña un papel específico en la descomposición de los sólidos orgánicos. Cada especie tiende a morir una vez que ha cumplido su misión en el proceso de descomposición. Estas bacterias se desarrollan normalmente a un pH cercanos a la neutralidad y a veces predominan en medios ligeramente alcalinos, considerando el factor temperatura las que nos interesan son las mesofílicas y las termofílicas.

Dentro de las bacterias que nos interesan por contaminar el agua y provocar enfermedades de origen hídrico tenemos un grupo característico que se conoce con el nombre genérico coliformes,

entre ellos los coliformes fecales. La presencia de bacterias patógenas en el agua tienen que ver directamente con la presencia de desechos intestinales del hombre y de animales. Hay que aclarar que todos los coliformes son bacterias patógenas, pero no todas las bacterias patógenas son coliformes.

Queda otra causa no despreciable de propagación de infección, son las moscas, que al posarse sobre las defecaciones primero y sobre los alimentos después son excelentes portadores, el polvo también lo es aunque en menor proporción.

Hongos.

Los hongos son plantas multicelulares aeróbicas que toleran más las condiciones ácidas y ambientes más secos que las bacterias, carecen de clorofila y pertenecen al reino vegetal. Algunos tipos de hongos son patógenos para el hombre, los hongos existen en las aguas contaminadas, en las plantas de tratamiento biológico, y son los responsables de ciertos sabores y olores en los abastecimientos de agua potable.

Algas.

Las algas pueden ser microscópicas o macroscópicas, pueden vivir en agua salada o en agua dulce, casi toda la fotosíntesis de los océanos y la mayor parte de las aguas dulces corren a cargo de ellas por lo tanto es importante el poderlas preservar impidiendo su contaminación (fitoplanctón); además de aportar gran cantidad de oxígeno al planeta. Cuando las algas crecen abundantemente trae como consecuencia que durante la respiración se puede agotar el oxígeno disuelto en el agua y provocar la muerte de los otros organismos. Cuando su proliferación es muy abundante puede producir compuestos metabólicos tóxicos que pueden provocar la muerte a los organismos acuáticos y a los que lleguen a consumir su agua.

Virus.

Los virus son la forma más simple de organismo, consisten esencialmente de ácido nucleico y proteína. Todos son parásitos y no pueden crecer fuera de otro organismo vivo. Son altamente específicos tanto en lo que concierne al organismo huésped como a la enfermedad que producen. Las enfermedades virales humanas incluyen la viruela, la hepatitis infecciosa, fiebre amarilla, poliomielitis y diferentes enfermedades gastrointestinales, por su incapacidad para crecer fuera de un huésped adecuado. Los efluentes de agua residual normalmente contienen grandes cantidades de virus, que también están presentes en la mayoría de las aguas superficiales sujetas a contaminación. Por su tamaño la remoción de virus por procesos convencionales de tratamiento no es segura, aunque los procesos normales de desinfección generalmente los dejan inactivos.

Protozoarios.

Son animales unicelulares predominantemente acuáticos, aunque generalmente viven en los suelos húmedos, los que parásitan al hombre generalmente son microscópicos, cabe mencionar que no todos los protozoarios son parásitos, y los que son parásitos no todos son del hombre. Los protozoarios parásitos se pueden encontrar en sangre, tejidos y líquidos fisiológicos de plantas y animales. Las personas infectadas por protozoarios parásitos los eliminan en formas de quistes en las heces fecales que van a parar a las aguas residuales. Los quistes son las formas infectantes de los protozoarios parásitos, entre las enfermedades que causan son la amibiasis y la anemia crónica o aguda.

Metazoarios.

Son organismos pluricelulares más complejos que los protozoarios, cuentan con un aparato digestivo, una boca

rudimentaria y un aparato excretor; su tamaño va de casi visible a visible. Se caracterizan por un color blanquizco transparente. Utilizan el agua como vector para llegar al ser humano. Entre las enfermedades que causan los metazoarios son: provoca fasciolopsiasis (hambre dolorosa, dolor abdominal, diarrea pertinaz), cisticercosis humana (solitaria) y alteraciones del intestino entre las más importantes.

TABLA 2.1 ESTANDARES PRIMARIOS DE POTABILIDAD.

PARAMETRO	S.S.A.	O.M.S.	UNIDADES
Coliformes.	1 + 100 ml.	3 + 100 ml.	NTU
Turbidez.	1 ± 5	1 ± 5	NTU
Arsénico.	0.050	0.050	mg/lit
Bario.	1.000	1.000	mg/lit
Cadmio.	0.010	0.005	mg/lit
Cromo.	0.050	0.050	mg/lit
Fluoro. (F)	4.000	1.500	mg/lit
Plomo.	0.050	0.050	mg/lit
Mercurio.	0.020	0.010	mg/lit
Nitrato (N)	10.000	10.000	mg/lit
Selenio.	0.010	0.010	mg/lit
Plata.	0.050	0.050	mg/lit
Aluminio.	0.200	0.200	mg/lit
Cloruros. (Cl)	250.000	250.000	mg/lit
Color (unidades)	15.000	15.000	mg/lit
Cobre.	1.000	1.000	mg/lit
Fluoro.	2.000	2.000	mg/lit
Surfactantes.	0.500	0.500	mg/lit
Hierro.	0.300	0.300	mg/lit
Manganeso.	0.050	0.100	mg/lit
Olor. (número)	3.000	inofensivo.	
pH	6.5 + 8.5	6.5 + 8.5	
Sodio.	20.000	20.000	mg/lit
Sulfatos. (SO)	250.000	400.000	mg/lit
Sólidos totales disueltos.	500.000	1.000.000	mg/lit
Zinc.	5.000	5.000	mg/lit
Dureza	500.000	500.000	mg/lit

S.S.A. Secretaría de Salubridad e Asistencia.

O.M.S. Organización Mundial de la Salud.

N.T.U. No Tiene Unidades.

2.3 AGUAS RESIDUALES.

Las aguas residuales son fundamentalmente las aguas de abastecimiento de una población después de haber sido impurificada por diversos usos. Desde el punto de vista de su origen, resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las casas habitación, edificios comerciales e instituciones, junto con los provenientes de los establecimientos industriales, y las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que pueden agregarse.

La cantidad o volumen que se produzcan de aguas residuales varía de acuerdo con la población y depende de muy diversos factores. Una zona exclusivamente residencial que tenga drenaje bien construido y considerando época de estiaje puede llegar a producir más de 300 lts/hab/día; por ejemplo una de las llamadas colonias populares pueden llegar a producir poco más de 100 lts/hab/día, estos resultados están apoyados por estudios realizados por la DGCOR. Cabe mencionar que el consumo industrial es bastante alto, y que esta produce más de 700 lts/hab/día. Debido a estas variaciones se considera un consumo promedio de 350 lts/hab/día para la ciudad de México, naturalmente el promedio aumenta cuando las aguas pluviales entran al sistema de drenaje y se combinan con los desechos industriales y domésticos.

Origen de las aguas residuales.

Las aguas residuales o aguas negras son originadas por:

Desechos humanos y de animales.

Estos que se incorporan a las aguas residuales, desde el punto de vista de la contaminación, son de gran riesgo, sobre todo con respecto a la salud pública, ya que estos materiales de desecho que son principalmente las heces fecales y la orina, están cargados en la mayoría de las ocasiones con bacterias patógenas causantes de diversas enfermedades infecciosas como son: tifoidea, disentería, hepatitis, etc.,. Por lo tanto los tratamientos de estas aguas deben de ser eficaces para la reutilización de estas aguas.

Desperdicios caseros.

Estos provienen del lavado de ropa, trastes o utensilios de cocina, baño, desperdicios de cocina, limpieza de casa, preparación de alimentos, etc., los desechos caseros son ricos en materia orgánica, en grasas, jabones, detergentes y algunos otros productos químicos utilizados en la limpieza.

Corrientes pluviales.

El sistema de drenaje combinado de la ciudad de México recoge las aguas o corrientes pluviales que llevan material como son: polvos, arena, hojas y basura variada. En época de lluvias su volumen es importante, mientras que en la época de sequía prácticamente es nulo. Aquí se pueden mencionar las ventajas de tener un sistema de drenajes separados se podría recolectar por una parte las aguas de tipo pluvial, que sometidas a tratamientos mínimos podrían ser reutilizadas para riego de zonas verdes, limpieza y con un mínimo de tratamiento avanzado, incluso se llegaría a potabilizarla.

En cuanto a las aguas de tipo industrial al manejarlas por drenajes separados se les daría tratamientos específicos que son más costosos y habría más facilidad para tratar las aguas de tipo

doméstico sin interferencia de muchos contaminantes químicos procedentes de la industria.

Infiltraciones de aguas subterráneas.

Estas aguas en ciertas ocasiones pueden formar parte de las aguas residuales debido a que el sistema de drenaje profundo va muy por abajo y en ocasiones por debajo de los mantos acuíferos.

Desechos industriales.

Como sabemos los requerimientos industriales de agua son bastante elevados. Por lo tanto también es elevado el volumen de agua de desecho industrial que se suman a las aguas residuales. La mayoría de los desechos industriales que son arrastrados por estas aguas son de alto riesgo a la salud, sobre todo cuando se exceden límites de concentración. En muchas ocasiones debido al volumen y características es deseable disponer de ellas por medio de un drenaje separado, en donde las aguas industriales se colecten y traten antes de verterse al drenaje para que no interfieran en los tratamientos y disposición de las aguas residuales de procedencia doméstica. De esta manera el volumen total de agua residual no quedaría contaminado por compuestos industriales, y la disposición y tratamiento del volumen total del agua sería menos costosa y más eficiente. Generalmente las aguas industriales deben de recibir tratamientos preliminares dependiendo de las sustancias que compongan esa agua, así lo dispone el reglamento de agua y drenaje del D.F. publicado en 1990, ya que muchos de ellos son difíciles de tratar en los tratamientos biológicos que se hacen de manera normal con las aguas residuales domésticas.

Tipos de aguas residuales.

Resumiendo la información anterior podemos clasificar a las aguas de acuerdo a su procedencia de la siguiente manera:

Aguas residuales domésticas.

Son las que contienen desechos humanos, de animales y desechos caseros, estas aguas son típicas de zonas habitacionales en las que no se efectúan operaciones de tipo industrial.

Aguas residuales sanitarias.

Son las mismas que las domésticas, pero estas incluyen todos los desechos industriales de la localidad.

Aguas residuales pluviales.

Formadas por todo el escurrimiento superficial de las lluvias, que fluyen desde los techos, pavimentos y superficies naturales.

Aguas residuales combinadas.

Son una mezcla de las aguas residuales domésticas o sanitarias y de las aguas pluviales cuando se colectan en el mismo sistema de drenaje; es el caso de las aguas de la ciudad de México.

Aguas residuales industriales.

Son las aguas de desecho provenientes de los procesos industriales, estas pueden colectarse y disponer de ellas aisladamente o en la misma industria.

Estado de las aguas residuales.

La extensión y naturaleza de la descomposición microbiana que ocurre en las aguas residuales han dado origen a ciertos términos que describen las condiciones o estado en que se encuentran las aguas residuales, de ahí que tenemos la siguiente clasificación:

Aguas residuales frescas.

Son aquellas aguas en su estado inicial de producción, es decir inmediatamente después de que se le han agregado los sólidos

al agua, contiene oxígeno disuelto que permite la descomposición aerobia, son de color turbio grisáceo, con sólidos suspendidos y/o flotando en gran cantidad, además presenta un olor a moho no desagradable.

Aguas residuales sépticas.

Este tipo de aguas han agotado el oxígeno disuelto de tal forma que prevalecen los procesos de descomposición anaerobia que son la fermentación y putrefacción, en estos procesos se obtiene el ácido sulfídrico, metano, amoníaco, por lo que el olor es desagradable, además el color que presentan estas aguas es efectivamente negro.

Aguas residuales tratadas.

Son aguas residuales en las que los sólidos han sido descompuestos en condiciones aerobias, hasta sustancias relativamente inertes, contienen oxígeno disuelto y su olor es muy ligero o nulo, tienen sólidos en mínimas cantidades, es decir esta agua ha sido sometida a procesos de tratamiento.

Composición de las aguas residuales.

Las aguas residuales presentan gran cantidad de material sólido, suspendido o flotando sobre todo si son frescas, esta materia es: basura, trozos de alimentos, papel, materia fecal, pedazos de tela, maderas, plásticos y otros residuos propios de la actividad cotidiana.

La cantidad de sólidos que contiene una agua residual es generalmente muy pequeña, casi siempre alrededor de 0.1% de sólidos en peso es decir por cada 100 grs. de agua se tendrá 0.1 grs. de sólidos disueltos, suspendidos o coloidales. A simple vista parece pequeña la proporción, sin embargo, esta cantidad presenta el mayor

problema para los procesos de tratamiento. Los sólidos que podemos encontrar en las aguas residuales pueden ser orgánicos e inorgánicos como son:

Sólidos orgánicos.

La materia orgánica presente fué originada por: la materia vegetal muerta, organismos y tejidos vegetales; pueden ser sintéticos o no sintéticos; por ejemplo dentro de la materia orgánica natural o no sintética están las proteínas, carbohidratos, azúcares, grasas, vitaminas, y sus productos de desecho. Estas sustancias contienen en su composición Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno y Fósforo. Dentro de los compuestos sintéticos orgánicos están muchos polímeros como son: plásticos, detergentes, insecticidas, etc. Los compuestos orgánicos son los que están sujetos a la degradación microbiana, y de otros organismos vivos que se encuentran en las aguas y son los que efectuarán los tratamientos biológicos.

Sólidos inorgánicos.

Estos compuestos inorgánicos son sustancias que no están sujetas a la degradación microbiana, excepto ciertos compuestos minerales como son los sulfatos, algunos fosfatos y nitratos. De los que no están sujetos a la degradación están: arena, grava, arcilla, cieno y sales minerales que producen dureza en el agua. También podemos encontrar metales, por ejemplo: Hierro, Cobre, Magnesio, Plomo, Mercurio, Cadmio, Cromo, Arsénico y otros. Estos últimos desde el punto de vista de contaminación son de gran riesgo, ya que están relacionados con daños al organismo como son: el cáncer en diferentes órganos.

La cantidad de sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos, en las aguas residuales, le dan lo que frecuentemente se conoce, como

su fuerza, en realidad la cantidad o concentración de sólidos orgánicos, así como su capacidad para degradarse o descomponerse son la parte principal de una agua residual. A mayor concentración de sólidos orgánicos corresponderá mayor fuerza de las aguas residuales. Por lo tanto se puede definir que las aguas residuales fuertes son las que contiene gran cantidad de sólidos orgánicos, y las aguas residuales débiles son la que contienen pequeñas cantidades de sólidos orgánicos.

Como ya se ha hecho notar, los sólidos pueden clasificarse o agruparse de acuerdo a su condición física, como sólidos suspendidos, sólidos coloidales y sólidos disueltos, incluyendo a cada uno de estos a sólidos orgánicos como inorgánicos.

Sólidos suspendidos

Son aquellos que están en suspensión y que son perceptibles a simple vista en el agua. Son los sólidos que pueden separarse del agua residual por medios físicos o mecánicos, como son la sedimentación y la filtración. Estos sólidos se dividen en dos partes y son: sólidos sedimentables y sólidos coloidales.

Sólidos sedimentables. - Son la porción de sólidos suspendidos cuyo tamaño y peso son suficientes para que se sedimente en un periodo determinado que generalmente es de 1 hora.

Sólidos coloidales. - Se define algo indirectamente como la diferencia entre los sólidos suspendidos totales y los sólidos suspendidos sedimentables. en la actualidad no hay prueba sencilla o normal de laboratorio que sirva específicamente para determinar la materia coloidal. Una parte de estos se sedimentarían si el periodo de reposo fuese mayor de 1 hr; pero la mayor parte permanecerá en suspensión, durante periodos mayores de varios días

o más.

Sólidos disueltos.

El término de sólidos disueltos utilizado ordinariamente en los estudios de aguas residuales, no es técnicamente correcto, no todos estos sólidos están verdaderamente disueltos, puesto que se incluyen algunos sólidos en estado coloidal de los sólidos disueltos totales, aproximadamente un 90% está verdaderamente disuelto y el 10% en estado coloidal.

Sólidos totales.

Como lo indica el mismo término, bajo este nombre se distinguen todos los constituyentes sólidos de las aguas residuales, orgánicos e inorgánicos, ó la totalidad de los sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables.

En resumen, podemos decir que:

- Los sólidos suspendidos son los que se retienen después de filtrarse una muestra.
- Los sólidos sedimentables son los que se precipitan o asientan después de 1 hr.
- Los sólidos disueltos son los que se obtienen de la evaporación de una muestra previamente filtrada.
- Los sólidos totales es la suma de los 3 anteriores.

2.4. DESECHOS INDUSTRIALES.

El término desechos industriales es sumamente amplio, pues incluye todos los desechos sólidos, líquidos y gaseosos que producen las industrias de transformación principalmente. Estos desechos varían tanto en cantidad como en composición, con el tipo de industria y con los procesos empleados en la misma. El poder contaminante del desecho es con frecuencia mucho mayor que el de las aguas residuales de origen doméstico. Este problema es frecuente donde exista una o más industrias, ya sean pequeñas o grandes, además desechos que tengan las mismas características no son muy comunes. Se han extendido mucho y son numerosas las industrias con problemas difíciles de tratamiento y disposición de sus desechos. En el D.F. por el problema de espacio se ha quedado estable en cuanto a número y tamaño, caso contrario con el resto del país.

Desde el punto de vista del industrial, los desechos que producen son de su responsabilidad y por ello deberá procurar disponer de ellos lo más rápido posible y al menor costo. Constituyen un riesgo que puede ocasionar perjuicios a las alcantarillas e instalaciones de las plantas de tratamiento, aumentar el costo de tratamiento y disposición de los desechos y contribuir a la contaminación de las corrientes.

Los reglamentos relativos al tratamiento y la disposición de los desechos industriales son promulgados por organismos como: (SSA, CNA, SARH, SEDESOL, DDF.) Estos reglamentos se refieren

primordialmente al control de la contaminación de la corriente ya sea superficial o subterránea y al depósito de esta, también en sus formas como superficial o subterránea, y el agua de mar en playas. Por lo general las ordenanzas locales como la del D.F. permiten solamente los desechos que no perjudiquen al sistema de alcantarillado, la posible contaminación del acuífero, las instalaciones de la planta de tratamiento, además de no interferir con los métodos de tratamiento de aguas residuales que se estén empleando.

A continuación se da una imagen general de los desechos que provienen de la industria y que además por el sistema de alcantarillado del D.F. se deben de tratar junto con las aguas residuales domésticas, sin olvidar los desechos sólidos y gaseosos.

Desechos sólidos.

Por regla general no deben descargarse al drenaje, por que en un proceso de tratamiento resultan una carga innecesaria para los desarenadores y para los tanques de sedimentación y digestión. Estos sólidos hasta donde sea posible, deben excluirse del desecho líquido, por que su eliminación y su disposición son generalmente más fáciles y baratos en su forma original.

Desechos gaseosos.

Los desechos gaseosos de muchas industrias contienen gases y polvos molestos. Usualmente estos desechos se dispersan directamente a la atmósfera, teniendo como resultado la contaminación del aire más que del agua.

Desechos líquidos.

Estos se producen en todas las industrias de procesos húmedos. Las aguas de desecho varían en ellas tanto en cantidad y en

capacidad contaminante, que es imposible asignar valores definidos y sus constituyentes comunes. Estos desechos pueden ser descargados al sistema de drenaje, siempre que su volumen sea pequeño en comparación con el gasto normal de las aguas residuales sanitarias o domésticas, o cuando estas aguas de origen industrial halla sido sometida a un pretratamiento conveniente.

Por lo general, las aguas industriales de desecho contienen materia mineral suspendida, coloidal y disuelta, así como sólidos orgánicos. Además pueden ser excesivamente ácidas o alcalinas o tener alta o baja concentración de materias colorantes. Pueden contener materiales inertes, orgánicos o tóxicos y posiblemente bacterias patógenas.

Los desechos inertes son los que no sufren cambios en los procesos químicos o biológicos, como gravas y arenas entre otros. La mayoría de los desechos orgánicos son atribuibles a tratamientos biológicos, como son los desechos líquidos de las industrias lecheras, enlatadoras, empacadoras, textiles y papeleras. Los desechos tóxicos son los que originan gases y vapores venenosos, o aquellos que contienen productos químicos o metales capaces de aniquilar el proceso biológico empleado en el tratamiento de las aguas residuales. Esta clase de desechos también perturba la actividad biológica de las corrientes receptoras y su acción puede persistir a grandes distancias.

El grado de tratamiento que requiere un desecho industrial, depende de la dilución y características estabilizadoras de la corriente receptora, la cantidad y concentración de los contaminantes debe quedar reducida al mínimo en la planta industrial, acción que no se lleva a cabo en la industria del D.F. dada su distribución fig. 2.4.

Industria química.

Los contaminantes químicos producto de esta industria, representan una enorme variedad de sustancias, las cuales son de origen orgánico e inorgánico y se encuentran en el agua disueltas, suspendidas o en forma coloidal. Durante los procesos de tratamiento muchas de las sustancias son degradadas biológicamente, sobre todo las orgánicas no sintéticas, otras son sedimentadas para que por medio de floculación-coagulación u otro proceso se puedan separar. Las materias inorgánicas que no son biodegradables son removidas de las aguas mediante tratamientos físico-químicos de acuerdo a su naturaleza.

Los contaminantes químicos son de gran importancia por que muchos de ellos interfieren con los tratamientos biológicos y además constituyen una amenaza para la salud, cuando las aguas los contienen en mayor cantidad que los límites permisibles de acuerdo a controles de calidad química del agua. Tabla 2.1.

De acuerdo a sustancias que hacen del agua de desecho ácida trae como consecuencia que esta sea más corrosiva y por lo tanto más susceptible a la contaminación por metales, además la presencia de acidez puede ocasionar en las poblaciones microbiológicas el envenenamiento por iones hidrógeno, trayendo como consecuencia retrasos o cambios en los tratamientos biológicos, lo mismo puede suceder para el caso de la presencia de bases ó alcalinidad, trayendo como consecuencia que los cambios de pH bruscos propicien cambios en las poblaciones microbianas y se propicien condiciones de putrefacción.

Industria textil.

Debido a varias operaciones que se verifican en el acabado de textiles, los desechos de esta industria varían mucho, tanto en

composición, como en concentración. El desecho de muchos de estos procesos es altamente contaminante y puede ser fuertemente ácido ó alcalino. Los desechos de las operaciones de tejido son intensamente coloreados.

Los desechos del lavado de la lana contienen altas concentraciones de materia orgánica putrescible como grasas, lana y basuras.

Las grasas son separadas por métodos diversos. Los desechos de las operaciones de acabados textiles generalmente se mezclan para que se neutralicen mutuamente y haya una interacción entre los diferentes tipos de desechos producidos en las diversas operaciones. Los desechos textiles pueden tratarse junto con las aguas residuales domésticas, pero usualmente será necesario compensar, neutralizar y regular las velocidades de descarga. Esta industria solo representa el 12.4% del total instalada en el D.F., en el país esta industria en su mayoría se ubica en la frontera con los Estados Unidos, y es la mayor contaminante en esta zona.

Industria papeleras.

La industria del papel produce grandes cantidades de desechos líquidos, los cuales pueden dividirse en 2 clases: El desecho de la manufactura de la pulpa y el desecho de la elaboración del papel, ambos desechos se dan en un solo lugar y separadamente. Las fabricas de pulpa la elaboran a partir de diversas materias primas como la madera, trapos, paja, yute, cáñamo o papel usado. Los procedimientos seguidos para la elaboración del papel son 3 y son: al sulfito, al sulfato y a la sosa.

Los desechos que se producen durante el proceso al sulfito, son muy difíciles de tratar debido a su alta concentración de

lignina que es muy resistente a la oxidación biológica. Los desechos de manufactura de papel dan origen a desechos que contienen fibras, cargas, gomas y colorantes en concentraciones frecuentemente inconvenientes, estos desechos se consignan como aguas blancas, y son muy contaminantes.

Industria de bebidas:

Esta industria incluye el procesamiento de frutas en jugos naturales envasados, refrescos embotellados, y la industria cervecera y de vinos. En el caso de jugos naturales constituyen sus desechos un gran volumen de sólidos y líquidos, en lo que respecta a los líquidos contienen materia orgánica, gabazó y muy alto contenido de DBO. Los refrescos embotellados sus desechos contienen azúcares, conservadores, colorantes y saborizantes artificiales. La industria de fermentación como la cervecera, destilería y plantas que producen alcohol y vinos, la mayor parte de estos desechos tienen un alto potencial contaminante. Sin embargo al mayor abatimiento de la carga contaminante de estos desechos se ha logrado mediante tratamiento para la recuperación de subproductos. Los desechos de estas industrias tienen una DBO muy alta.

Estas industrias tratan usualmente sus desechos para recuperar el grano agotado, el cual se emplea como alimento para animales o para la manufactura de ciertos productos químicos. El desecho residual es de gran volumen, pero de baja DBO. Se puede disponer de este desecho con filtros goteadores. Tenemos en la ciudad de México ejemplos claros de estas industrias a: Pascual Boing, Pepsi Cola, Cervecería Cuauhtémoc, entre las más importantes.

Industria metalúrgica y metal-mecánica.

Los desechos de estas industrias contienen usualmente ácidos, iones metálicos, cianuros y cromatos, éstos provienen del proceso

del ruido del acero, del hierro, cobre y de los procesos galvanoplásticos.

Licores del ruido del acero tienen alta concentración ácida y comúnmente son altos en contenido de hierro ferroso. Esos desechos son difíciles de tratar y muy tóxicos para los microorganismos. Deben someterse a pretratamientos antes de descargarse al drenaje. Los métodos de tratamiento incluyen la evaporación, así como un tratamiento para recuperación de sulfato ferroso, azufre y óxido de hierro.

Aún en muy bajas concentraciones el cobre es tóxico para la vida acuática y perturba los procesos biológicos que se emplean en el tratamiento de las aguas residuales. Por lo tanto esos desechos deben someterse a pretratamiento para recuperar el cobre antes de disponer de ellos descargándolos al drenaje. El valor relativamente alto de cobre, hace que frecuentemente produzca utilidades el pretratamiento.

Los desechos de los procesos galvanoplásticos son extremadamente tóxicos, ya que a menudo contienen cianuros y/o cromatos, por lo tanto su pretratamiento es esencial. Existen gran número de desechos industriales como: hierro, cobre, fierro, cromo, níquel, zinc, etc.

Industria de alimentos.

Dentro de estas industrias se encuentran la industria lechera, empacadora de carne y la que procesa frutas y legumbres. Los desechos de la industria lechera proceden principalmente de los lugares de recepción, plantas embotelladoras, cremerías, plantas condensadoras y plantas manufactureras de quesos. Resultan de las aguas del lavado de latas, botellas, tuberías, del equipo para

descremadoras y mantequilleras, de las juntas de tuberías mal ajustadas y de las aguas del lavado de pisos y equipo en general.

La industria esta muy extendida y se ha trabajado mucho para controlar tanto la cantidad como la calidad de sus desechos en las plantas procesadoras. La DBO de los desechos de las plantas lecheras es muy alta y su descomposición es muy rápida. Estos desechos pueden tratarse junto con las aguas residuales domésticas, pero como la mayoría de los sólidos están en estado coloidal o disueltos, el tratamiento primario no es eficaz y la demanda de cloro de las aguas residuales puede ser excesiva. La precipitación química, los lodos activados y los filtros goteadores han tenido éxito.

En lo referente a la industria empacadora de carne, sus desechos incluyen los de los corrales, mataderos y establecimientos empacadores de carne. Los desechos de los corrales contienen abono, heno, paja, suciedad y material fibroso. Los de los rastros y empacadoras contienen usualmente sangre, grasas, estiércol de vientres, suciedad, pelos y partículas de tejidos de animales.

Todos estos desechos constan de materiales disueltos en suspensión y la DBO es demasiado alta. La sangre y el estiércol no deben descargarse al drenaje. El tratamiento de los desechos de las empacadoras de carne junto con las aguas residuales es práctico por que no interrumpe demasiado los procesos biológicos de tratamiento. Los procesos que usualmente constituyen el tratamiento son: el cribado, la sedimentación, el paso por filtros goteadoras, la acción de los lodos activados.

Las industrias que procesan frutas y legumbres, por ejemplo la fabricación de productos derivados del maíz, así como el empacado

comercial de frutas, jugos de frutas y de legumbres, representa una industria muy difundida y diversificada. La industria empacadora ha alcanzado tal expansión que incluye procesos de conservación a base de deshidratación, salado y congelación. Los desechos de todos estos procesos, constituyen un problema general, principalmente por que ocupan mucho volumen y consisten tanto de sólidos como líquidos, son de alto contenido de sólidos orgánicos totales y DBO.

Los métodos de tratamiento que se usan son el estancado, el paso por mallas finas, el desarenado, la sedimentación, el tratamiento con cal seguido de coagulación y sedimentación. Este último tratamiento reduce el contenido de sólidos suspendidos en un 90% aproximadamente, y disminuye la DBO en un 40%. El estancado no es general satisfactorio, a causa de la descomposición anaerobia.

Los desechos de la elaboración de maíz y sus derivados resultan de la molienda húmeda del maíz desgranado para obtener almidón, aceite, azúcares y jarabe, el material remanente se usa como alimento para ganado. El desecho líquido mezclado de estos procesos es usualmente caliente, ácido y muy putrescible. Al producirse es casi neutro, pero se descompone muy rápidamente y tiene una alta DBO, esta operación es muy intensa y por temporadas.

Industria de tenerías.

El procesado de las pieles en la manufactura del cuero, incluye muy diversas operaciones, cada una de estas produce un desecho que tiene sus propias características, considerando aisladamente, determinados desechos requieren tratamientos extensivos, mientras que otros pueden descargarse con poco o ningún tratamiento. Los desechos de las diversas operaciones incluyen: a) Aguas del lavado de las pieles o cueros crudos que son muy ricas en amoníaco, b) desechos de las tinas de encalado y de las máquinas

apelmbradoras, c) Aguas del lavado del descarnados y escurrido de los pisos, d) Licor tánico gastado y agua de enjuagado de las tinas, e) Fugas de las tinas de enlatado, y f) Alcalis y ácidos gastados provenientes de las tinas de blanqueo.

Hay que hacer pasar por tamices todos los desechos para eliminar los pelos, trozos de tejidos y recortes de las pieles. Estos materiales recuperados pueden emplearse en la fabricación de cola. Generalmente se acepta que el mejor método de tratamiento primario consiste en mezclar, en forma controlada, todos los tipos de desechos producidos para dejar que reaccionen químicamente entre ellos, lo que ayudará a la sedimentación. Después de esta, los efluentes pueden ser tratados en filtros goteadores o lodos activados y pasarse ulteriormente por filtros de arena.

Industrias diversas.

Una importante industria que es altamente contaminante, pero que a partir de 1991 quedó clausurada en la ciudad de México es la industria petrolera, con el cierre de la refinería 18 de Marzo. La influencia de sus desechos al agua es muy alta. Los desechos de refinerías contienen ácidos, alcalis, compuestos de azufre, fenoles y aceite. El petróleo se recupera mediante tanques desnatadores y separadores. Estos desechos deben neutralizarse antes de descargarlos al sistema de drenaje, y/o recuperar la gran cantidad de aceites de hidrocarburos.

Esta industria es bastante peligrosa por los desechos líquidos que genera y su mal manejo se reflejó con la explosión del drenaje y desastre que ocasionaron en la ciudad de Guadalajara en Abril de 1992.

Por otro lado se debe conocer el alto grado de contaminación

que representan los hospitales, no se pueden mencionar como una industria pero su poder contaminante es similar. Los desechos de hospitales muy peligrosos son los radiactivos, los cuales para deshacerse de ellos la única forma es con métodos especiales y controles rigurosos.

2.5 CALIDAD FISICO-QUIMICO-BIOLOGICA DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO FEDERAL.

Las aguas residuales que se generan en el D.F. poseen características FQB que las identifican como una mezcla variable de residuales domésticas, industriales y pluviales. No se explica de manera clara, la forma en que los establecimientos industriales que utilizan alrededor de $4.69 \text{ m}^3/\text{seg}$ de agua, lleguen a generar cambios en los restantes $22.51 \text{ m}^3/\text{seg}$ colectados en el sistema de drenaje en época de estiajes, para que en los $27.2 \text{ m}^3/\text{seg}$ se detecten compuestos químicos inorgánicos (principalmente metales pesados) y orgánicos (muchos de ellos recalcitrantes a los procesos biológicos de tratamiento). Un factor que favorece esto es la operación del sistema de drenaje cuya principal función es desalojar las aguas para evitar riesgo de inundación.

Ante esta situación la demanda de agua se ve afectada, ya que para satisfacer otros usos diferentes a los actuales se requieren tecnologías de tratamiento avanzado. Además es imprescindible que se ponga en práctica el reglamento del servicio de agua y drenaje para el D.F. que sanciona el uso de drenaje, y que restringe el vertido de desechos industriales que, como se sabe, dificulta el aprovechamiento de las aguas y daña las estructuras del sistema de tratamiento.

En un estudio sobre las aguas residuales que se generan en el D.F. se analizaron 152 parámetros y contaminantes, incluyendo metales pesados, orgánicos sintéticos, y contaminantes biológicos. La selección de estos parámetros se basó en recomendaciones de la

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

DGCOH sobre los contaminantes que desechan los principales sectores industriales presentes en el D.F. y área metropolitana.

Se puso especial interés en los contaminantes orgánicos sintéticos, metales pesados y mediciones indirectas de la materia orgánica como Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Carbono Orgánico Total (COT). En total se analizaron 66 parámetros y 152 contaminantes agrupados en la tabla 2.2. El monitoreo y análisis de 152 características FQB de las aguas se realizó durante 1 año, en 15 sitios de la red, se recolectaron muestras, compuestas cada una por 4 muestras tomadas en un período de 24 horas, se analizaron 66 parámetros FQB que abarcan 131 compuestos químicos orgánicos sintéticos, metales pesados y contaminantes biológicos; los restantes 21 son los comunes usados para determinar la calidad de las aguas residuales domésticas. Los 21 parámetros se estudiaron con el fin de correlacionar esta información con la contenida en otros trabajos.

Además se analizó el azolve presente en los puntos de muestreo para tener una idea de la relación que existe entre los desechos sólidos y los desechos líquidos presentes en el sistema. En la tabla 2.3 se muestra la localización de los sitios de muestreo y análisis de contaminantes.

Al analizar la información relacionada con las características FQB de las aguas residuales, se detectó que las aguas de la estación No 15 (Chapultepec) corresponden mejor que cualquier otra al tipo de aguas residuales domésticas. Los valores de las concentraciones que podrían tenerse en el 80% de las veces en la estación No 15, se emplearon para obtener los índices de calidad de las aguas residuales (ICAR) de las demás estaciones, mediante la utilización de la expresión matemática.

TABLA 2.2 RESULTADOS DE ANALISIS Y MONITOREO.

NÚMERO DE PARAMETROS	NÚMERO DE CONTAMINANTES	GRUPO
3		Físicos.
7	2	Minerales.
10		Sólidos.
4	4	Nutrientes.
4	4	Metales alcalinos y alcalinos terrosos solubles.
4	4	Metales alcalinos y alcalinos terrosos total.
7	7	Metales pesados solubles.
7	7	Metales pesados totales.
2	2	Biológicos.
3		Materia orgánica.
1		Grasas y aceites.
1		SAAM
1	24	HC Alifáticos halogenados.
1	6	HC Aromáticos halogenados.
1	17	HC Aromáticos.
1	7	HC Poliaromáticos.
1	1	HC Poliaromáticos halogenados.
1	7	Eteres halogenados.
1	2	Nitrocompuestos alifáticos.
1	11	Nitrocompuestos aromáticos.
1	12	Fenoles.
1	6	Fenoles clorados.
1	1	Policloro-bifenilos.
1	1	Pesticidas clorados.
1	6	Ftalatos.
66	131	

HC: Hidrocarburos

SAAM: Sustancias Activas al Azul de Metileno.

TABLA 2.3 LOCALIZACION DE SITIOS DE MUESTREO Y ANALISIS.

ESTACION DE MONITOREO	LOCALIZACION
1	Gran Canal 1 (San Lázaro)
2	Gran Canal 2 (Aragón)
3	Gran Canal 3 (Cerro Gordo)
4	Canal de Miramontes.
5	Bordo de Xochiaca.
6	Lumbrera 11
7	Colector 13
8	Río San Javier.
9	Río Tlalnepantla.
10	Río Los Remedios.
11	Interceptor poniente.
12	Tepeji del Río.
13	Ciudad Deportiva (entrada)
14	Cerro de la Estrella.
15	Chapultepec (entrada)

$$ICAR = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i/C_0) + 1}{n}$$

Donde:

- ICAR = Índice de Calidad de las Aguas Residuales (adim)
- C_i = Concentración del i -simo contaminante registrado en la estación de monitoreo en estudio.
- C_0 = Concentración esperada en el 80% de las veces del contaminante en la estación No 15.
- n = Número de contaminantes ($n = 152$)

Los valores calculados, .19 por cada estación se ajusta aproximadamente a una distribución log-normal, a partir de la cual se estimo el porcentaje de veces en que se presentarían valores menores o iguales que en cierto nivel del ICAR. Los valores obtenidos se agrupan con el grado de influencia industrial detectado en sus aguas y que se muestran en la Fig 2.3 en el que señala la probabilidad de que las aguas de una cierta estación reciban contaminantes de origen industrial. de este cuadro y de observaciones realizadas durante el muestreo puede concluirse que:

- La calidad de las aguas varía en función de las condiciones climáticas y de operación del sistema.
- En casi todas las estaciones de monitoreo se detectó la mayoría de los parámetros y/o contaminantes analizados.

Lo anterior permite señalar requerimientos mínimos de tratamiento según la variación de la calidad esperada de las aguas

FIG. 2.2. SITIOS DE MUESTREO DE LA CALIDAD FQB DEL AGUA RESIDUAL

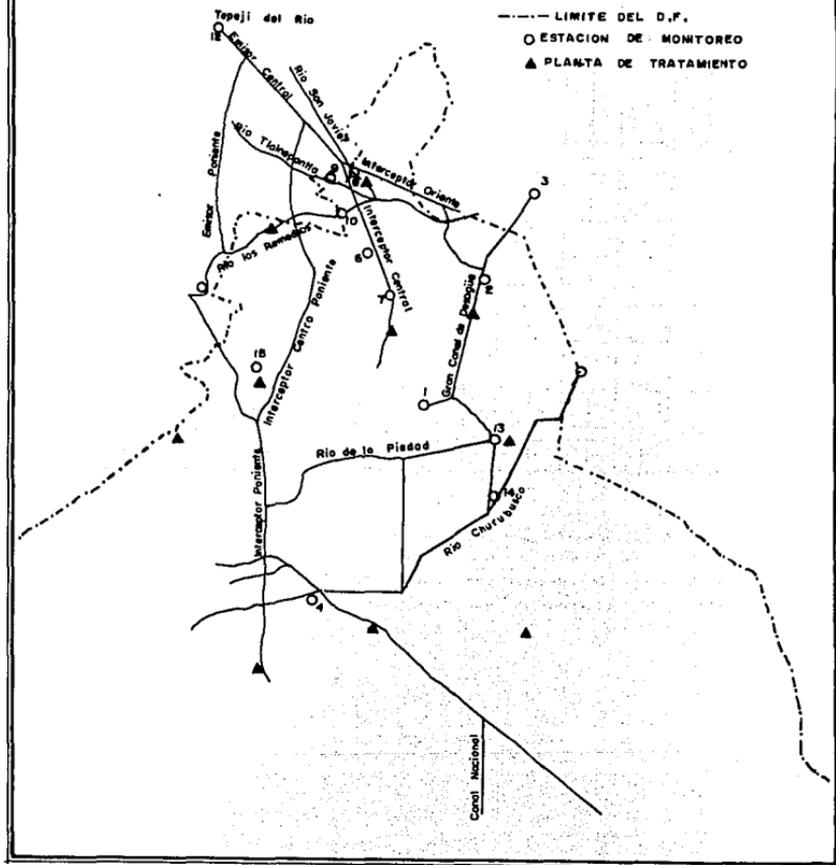


FIG. 2.3. CALIDAD FQB DE LAS AGUAS RESIDUALES SEGUN SU ORIGEN

% DE VECES QUE EL ICAR ES MENOR QUE...	ICAR				ESTACION DE MONITOREO														
	ICAR < 1	ICAR de 1 a 4	ICAR de 4 a 8	ICAR de 8 a 16	1 Gran Canal 1	2 Gran Canal 2	3 Gran Canal 3	4 Canal de Miramontes	5 Barro Xochitlaco	6 Lumbrales II	7 Colector 13	8 Rio San Javier	9 Rio Tlaltepetlillo	10 Rio de los Remedios	11 Interceptor Poniente	12 Tepic del Rio	13 Ciudad Deportiva	14 Cerro de la Estrella	15 Chapultepec
50 %	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
80 %	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
90 %	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
95 %	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

ICAR < 1 Domestico

ICAR de 1 a 4 Domestico con baja influencia industrial

ICAR de 4 a 8 Domestico con media influencia industrial

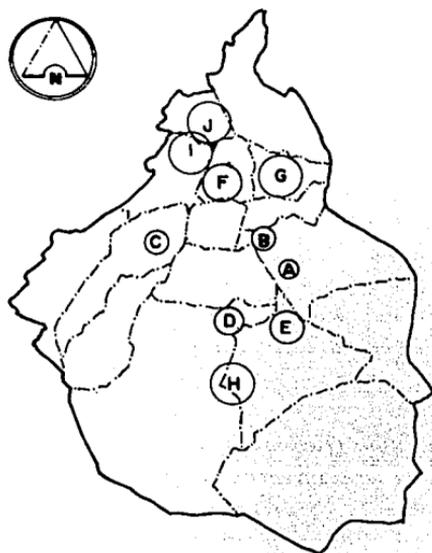
ICAR de 8 a 16 Domestico con alta influencia industrial

ICAR > 16 Domestico con muy alta influencia industrial

residuales, con el fin de alcanzar niveles aceptables para su uso.

Con base a lo anterior mencionado, se sabe que la industria tiene una gran influencia en el deterioro de toda el agua residual del D.F. ya que la distribución de la industria dentro de los límites del D.F. es irregular, lo anterior, en base a que en un estudio se detectaron 28 sub-zonas industriales, ahora bien estas se agruparon en 10 zonas que conoceremos en la Fig. 2.4. Además se presentan las diferentes industrias usuarias del agua, además de que estas pueden llegar a ser un excelente consumidor de agua residual tratada, siempre y cuando esta cumpla con una buena calidad y no afecte sus procesos diversos de todas y cada una de estas industrias, el primer paso ya lo dio la zona industrial de Vallejo, que desde 1991 es un consumidor importante de agua residual tratada.

Para obtener una mejor calidad de tratamiento es necesario que el agua que llega a las plantas de tratamiento tengan un rango de calidad el cual no afecte ni anule la eficiencia de los procesos unitarios de tratamiento de proyecto. Para lograr esto es necesario cumplir con el Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal el cual sanciona principalmente las descargas industriales muy contaminadas, además de que propone dispositivos para recirculación del agua.

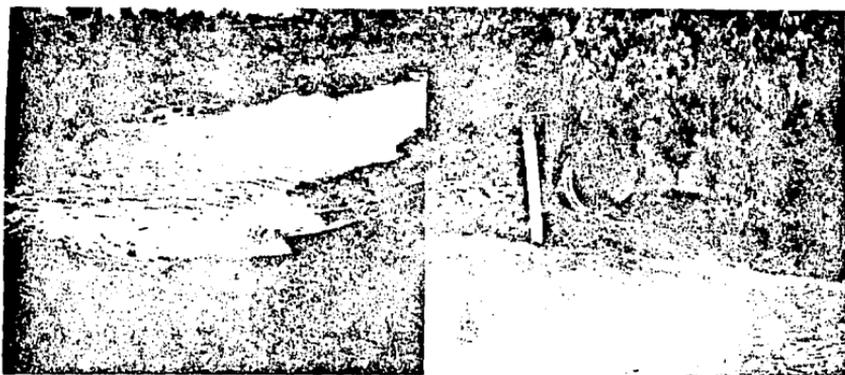


- A. Granjas Mexico , Agricola oriental.
- B. Merced, Balbuena.
- C. Lomas observatorio.
- D. Granjas San Antonio , Agricola ind.
- E. Iztapalapa , Cerro de la Estrella.
- F. San Salvador Xochimanco , Nonoalco.
- G. Gustavo A Madero , Tepeyac .
- H. Coyoacan , Coopa .
- I. Azcapotzalco.
- J. Industrial Vallejo

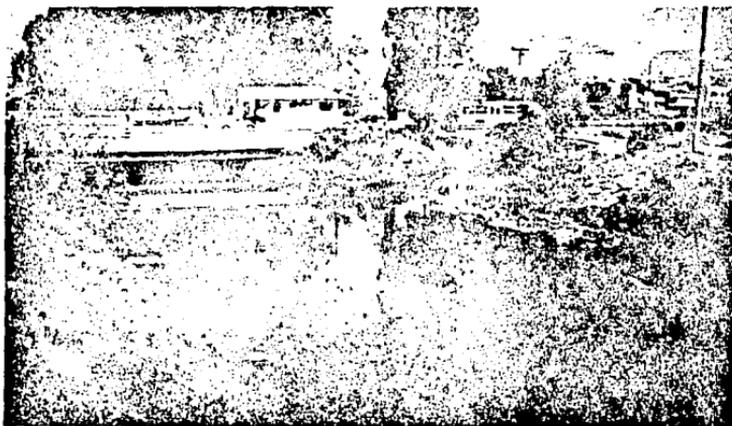
INDUSTRIAS

Quimica	9.2%
Textil	12.4%
Papelera	7.0%
Bebidas	19.1%
Metallurgica	4.2%
Metal Mecanica	4.4%
Alimentos	14.7%
Energia	1.7%
Plasticos	2.2%
Otros	25.1%

FIG 2.4. CONCENTRACION ESPACIAL DEL USO INDUSTRIAL DEL AGUA .



Fotografía 2.5a y 2.5b. Descargas industriales a cauce natural, las dos con gran cantidad de contaminantes, Río de los Remedios, México D.F.



Fotografía 2.6. Combinación de cauces a cielo abierto, a la derecha un cauce con mayor incidencia industrial y aguas residuales en estado séptico, se combina con un cauce con aguas residuales de tipo doméstico. Río San Javier y Río los Remedios D.F.

2.6 LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN EL DISTRITO FEDERAL

Actualmente el sistema de tratamiento de aguas residuales cuenta con la siguiente infraestructura: 21 plantas de tratamiento de las cuales 17 son a nivel secundario y 4 a nivel terciario, con una capacidad en conjunto de 6240 lts/seg. equivalente al 22.90% de las aguas residuales generadas en la ciudad de México, con este caudal se riegan 6500 Ha. de áreas verdes y 6000 Ha. agrícolas, y se renuevan 3500 millones de litros de agua a los lagos recreativos y 360 mil m³ a canales que ocupan una superficie de 230 Ha. También se abastecen 691 establecimientos comerciales y 120 industrias a través de 783 mil metros de tubería, además el sistema cuenta con 18 tanques de almacenamiento con capacidad de 42 millones de litros.

Además para promover un uso del agua residual tratada en el sector industrial, se ha concesionado la operación, mantenimiento y comercialización de la planta de tratamiento de Acueducto de Guadalupe a los industriales de la zona industrial de Vallejo.

De esta manera los industriales de la ciudad de México comienzan a tratar las aguas que posteriormente utilizarán para sus procesos.

Dentro del programa de desarrollo de tecnología para el tratamiento de aguas se diseñó y construyó la Unidad Experimental de Tratamiento Avanzado en el Cerro de la Estrella. El desarrollo de tecnologías de tratamiento deben estar encaminadas a

diversificar el uso del agua residual tratada de elevado nivel de calidad, con el objetivo de aplicarlo a la recarga del acuífero, y frenar los hundimientos diferenciales y regionales a largo plazo, además tiene por objetivo producir agua con calidad FOB similar a la potable. Con esta unidad experimental se ha logrado la capacitación del personal encargado de la operación, mantenimiento y administración de la planta y se determinan los criterios para el diseño y operación de sistemas a gran escala como lo es la planta de tratamiento de San Luis Tlaxiataltemalco.

En las plantas situadas al norte de la ciudad es notable la interferencia observada en el proceso biológico por las descargas de aguas residuales industriales, las cuales se atenúan hacia el sur de la ciudad. En prácticamente todas las plantas es digno de mencionar el problema de espumas que provocan los detergentes residuales presentes en las aguas. Debido al sistema de drenaje combinado, las características de las aguas residuales varían también considerablemente entre los períodos de lluvia y estío; debido a la influencia industrial y precipitación pluvial.

La eficiencia de operación de las plantas de tratamiento varía consecuentemente al variar la calidad y el gasto. En épocas de lluvias con un mayor gasto y con una menor concentración de contaminantes en el agua. En la Fig. 2.5 se muestra la ubicación de las plantas de tratamiento dentro del D.F. y la Tabla 2.4 muestra datos generales de las plantas de tratamiento.

Las plantas trabajan durante todo el año pero aprovechándose en ocasiones la época de lluvias para darles mantenimiento, en general la operación es regular y las principales fallas observadas durante los últimos 10 años son las siguientes:

- 1.- En algunas plantas existen unidades que no están

trabajando.

- 2.- Hay variación en los caudales de entrada en los horarios nocturno, en el que se reducen notablemente esos caudales permitiendo en ocasiones suspender la operación de alguna unidad en aquellas plantas que cuentan con 2 unidades de tratamiento.
- 3.- En plantas como Ciudad Deportiva, Cerro de la Estrella y Coyoacán, sus caudales de entrada dependen de estaciones de bombeo los cuales se suministran con irregularidad.
- 4.- La mayoría de las plantas tienen laboratorios de control, sin embargo, no se tiene un suministro regular de los reactivos empleados en la determinación de algunos parámetros químicos y biológicos de importancia. Las plantas de tratamiento de Bosque de las Lomas y Tlateloico no cuentan con instalaciones de laboratorio.
- 5.- El mantenimiento que se realiza es en general del tipo correctivo en vez de preventivo.
- 6.- Se han presentado asentamientos diferenciales en ciertas unidades de las plantas de Coyoacán, San Juan de Aragón y Acueducto de Guadalupe, que han afectado el proceso de tratamiento, principalmente las unidades de sedimentación.
- 7.- Los sistemas de medición de caudales instalados inicialmente (limnigrifo) no trabajan correctamente por lo que en ocasiones no se tiene un control preciso de los volúmenes tratados ni de sus variaciones.
- 8.- La mayoría de las plantas carecen de las unidades e instalaciones necesarias para el tratamiento de lodos por lo que estos son descargados directamente al drenaje. Las plantas de Chapultepec y Acueducto de Guadalupe cuentan con instalaciones de tratamiento de

lodos que hasta 1994 no han comenzado a operar.

Anteriormente parecía adecuado incrementar sustancialmente la capacidad instalada con el fin de producir lo más rápido posible volúmenes importantes de agua renovada que liberan agua potable; había muchas dudas que despejar. Se desconocían las características FQB de las aguas residuales que conduce el sistema de drenaje del D.F. y, por lo tanto, no era posible determinar el uso que podrían tener una vez que fuesen renovadas ni determinar los procesos de tratamiento necesarios para lograr la calidad requerida por los usuarios potenciales de aguas renovadas. Las tecnologías de tratamiento habían avanzado considerablemente en el extranjero, pero hacia falta analizar en forma cuidadosa aquellas que eran más convenientes adoptar y cuales hacia falta adaptar a la realidad del D.F. Ante esta situación en lugar de incrementar la capacidad instalada se decidió aprovechar la capacidad disponible y realizar estudios de investigación de campo con el fin de sentar bases sólidas para el desarrollo del reuso del agua en el D.F.

Durante los años 1978 a 1982 se repararon los desperfectos más graves en las plantas de tratamiento y se instalaron 130 km de tubería de distribución. Actualmente la red de aguas residuales tratadas consta de 209 km de red primaria y 574 km de red secundaria y ahora es posible aprovechar hasta el 61.25% de la capacidad instalada, o sea un caudal de $3.82 \text{ m}^3/\text{seg}$. Este volumen tiene varios destinos o reusos, la mayor parte se entrega a los usuarios por redes de distribución, pero también se han instalado garzas (tomas de agua) para alimentar las pipas que efectúan el riego de camellones y parques públicos. Además de que los autolavados y autoservicios cuentan con cisternas las cuales se les llena periódicamente por medio de pipas de DGCOH o propias ya que no es rentable alimentar con una línea de conducción.

Cabe mencionar que se rehabilitaron las plantas de Acueducto de Guadalupe y Coyoacán, esta última estuvo fuera de servicio a causa de los graves problemas que los asentamientos diferenciales provocaron en las estructuras, además causaron fallas en las conexiones y desajustes en los equipos, además de producir desniveles importantes que impiden el funcionamiento hidráulico del sistema. En el resto de las plantas se requiere completar el equipo e instrumentación para mejorar tanto los procesos y su control FQB, como los laboratorios que en cada planta controlan la calidad de las aguas residuales en tratamiento.

Con respecto a la operación de las plantas existía la dificultad de que sus planos y manuales eran obsoletos por que no se habían documentado las modificaciones ni las reposiciones de equipo hechas a lo largo de la vida de cada planta. En 1982 se terminó la actualización de la información y los inventarios de equipo, de modo que cada planta cuenta ya con planos y manuales, herramientas indispensables para la operación y básicas para hacer un mantenimiento preventivo correcto. No obstante, aún quedan diversos aspectos sin resolver con el objeto de que las plantas operen con más altos niveles de eficiencia.

En la época en que las plantas fueron proyectadas, se consideraron los parámetros básicos experimentados para diseño y control. Sin embargo como resultado de las investigaciones sobre el tratamiento de aguas residuales y el uso de estas ya tratadas, se cuenta con un mayor conocimiento de las sustancias recalcitrantes al tratamiento biológico, muchas de ellas originadas en las aguas residuales crudas y otras que se van formando durante pasos subsecuentes del proceso biológico, por ello desde el punto de vista FQB la calidad de los efluentes puede ser inferior a la planeada en el proyecto. Desde luego es indispensable reglamentar

FIG. 2.5. UBICACION DE LAS PLATAS DE TRATAMIENTO EN EL DISTRITO FEDERAL

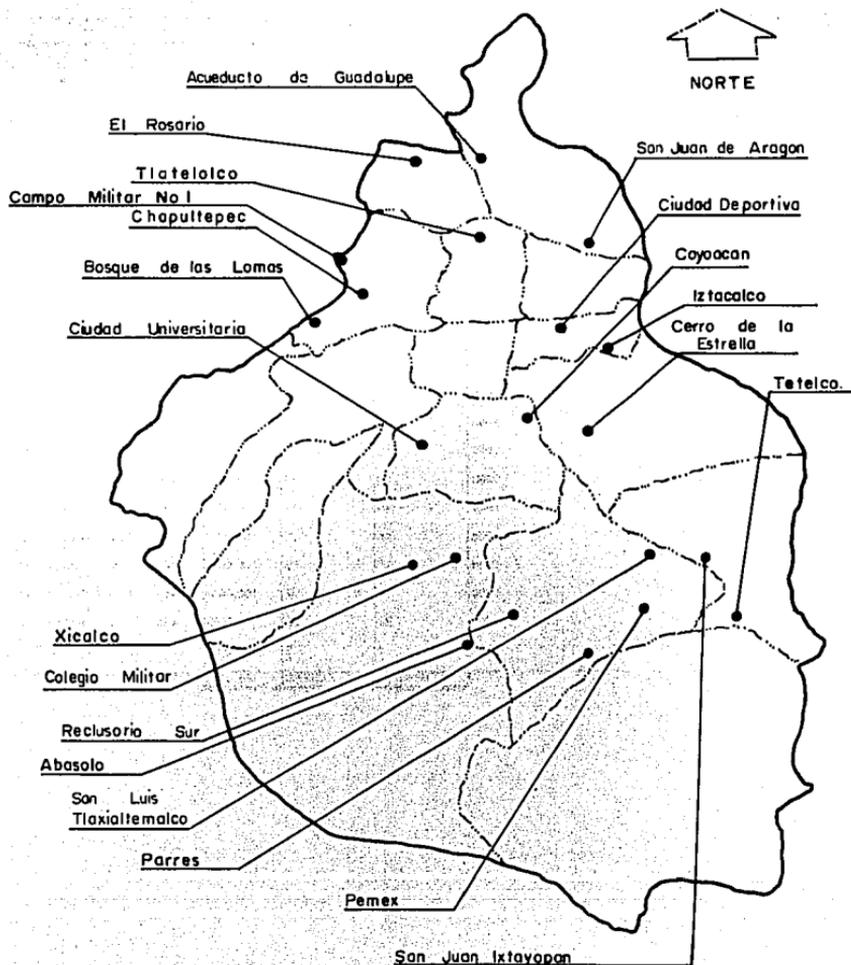


TABLA 2.4 PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL D.F.

No.	PLANTAS	INICIO DE OPERACION (A)	CAPACIDAD INSTALADA (LTS)	CAPACIDAD OPERACION (LTS)	EFICIENCIA	NIVEL DE TRATAMIENTO	CRISTINO
1	Chapultepec.	1958	180	117	73.13%	sec. L.A.	Reuso
2	Ciudad Deportiva.	1958	230	81	35.22%	sec. L.A.	Reuso
3	Coyoacan.	1959	800	328	41.00%	sec. L.A.	Reuso
4	San Juan de Aragón.	1964	500	324	64.80%	sec. L.A.	Reuso
5	Ciudad Universitaria.	1968	40	30	75.00%	sec. L.A.	Reuso
6	Cerro de la Estrella.	1971	4000	2604	65.10%	ter. F.	Reuso
7	Bosque de las Lomas.	1973	85	27	49.06%	sec. L.A.	Reuso C.C.
8	Acueducto de Guadalupe.	1978	80	65	81.25%	sec. L.A.	Reuso C.C.
9	Tlatelolco.	1979	20	14	70.00%	sec. L.A.	Reuso C.C.
10	El Rosario.	1981	25	22	88.00%	ter. C.A.	Reuso C.C.
11	San Luis Tlaxiatermalco.	1989	150	51	34.00%	ter. F.	Reuso C.C.
12	Colegio Militar.	1990	20	18	90.00%	sec. L.A.	Reuso C.C.
13	Reclusorio Sur.	1990	30	25	83.33%	sec. L.A.	Reuso C.C.
14	Iztacalco.	1990	15	11	73.33%	ter. F.	Reuso C.C.
15	Campo Militar No 1.	1993	30	25	83.33%	sec. L.A.	Reuso C.C.
16	San Juan Ixtayopan.	1993	15	15	100.00%	sec. L.A.	Reuso C.C.
17	Tlatelco.	1993	15	15	100.00%	sec. L.A.	Reuso C.C.
18	Abasco.	1994	15	15	100.00%	sec. L.A.	Reuso C.C.
19	Parres.	1994	7	7	100.00%	sec. L.A.	Reuso C.C.
20	Pernex.	1994	25	20	80.00%	sec. L.A.	Reuso C.C.
21	Xicalco.	1994	8	8	100.00%	sec. L.A.	Reuso C.C.
			8,240.00	3,822.00	81.25%		

sec: secundario. ter: terciario. L.A. Lodos Armados

C.A. Carbon Activado.

F: Filtración.

C.C. Control de la contaminación.

las descargas que pueden arrojar al drenaje las industrias y otros usuarios del drenaje como los hospitales, por que de otra manera los procesos de tratamiento tendrían que modificarse cada vez que empeorara la calidad de las aguas residuales. Otra dificultad que es necesario resolver es la relacionada con el personal, ya que se dispone solo del 75% del total requerido, además de que no cuentan con la preparación técnica apropiada.

Planta de Tratamiento Chapultepec.

Esta fue la primer planta construida en la ciudad de México para el tratamiento de aguas residuales con el objetivo principal de ahorrar agua potable. Su efluente se aprovecha para el riego de áreas verdes del bosque de Chapultepec y para el llenado de sus lagos recreativos. Consta de 2 unidades de 80 lts/seg. cada una y en 1956 inició su operación la 1ª unidad, y en 1958 la 2ª unidad. esta planta se construyó con equipo e instalaciones para el tratamiento de lodos; la planta trata agua residual predominantemente doméstica.

Planta de Tratamiento San Juan de Aragón.

Esta planta cuenta con 2 unidades cada una con una capacidad de 250 lts/seg. y entraron en operación en el año de 1964. El objetivo principal de su construcción es el de reusar su efluente para el riego de áreas verdes del bosque de Aragón y el llenado del lago recreativo del mismo bosque. Actualmente la red de distribución de agua tratada para riego se ha prolongado a varias avenidas.

Cabe mencionar que el efluente de esta planta es el Gran Canal del Desagüe, y que durante más de 50 años se le ha utilizado como basurero (desechos sólidos) y que es uno de los focos de contaminación más grandes de la ciudad. Se sabe además, que sus

aguas son altamente venenosas, por ejemplo en el año de 1984, se cayó una persona y por accidente ingirió de sus aguas, se traslado al servicio médico más cercano, y después de 3 hrs. esta persona murió. la causa no fueron los virus, bacterias u otro contaminante biológico, sino la gran cantidad de metales pesados que son transportados en su cauce y que estos al ingerirse, resulta difíciles retirarlos y actúan rápidamente inhibiendo los órganos vitales. El tema del Gran Canal del Desagüe ha ocupado espacios en los diarios de circulación metropolitana, pero se esta iniciando la solución del problema básico que es de contaminación y de salud pública, el gobierno por su parte realiza anualmente desazolve y retiro de basura, pero la solución real es de la población que vive cerca, ya que esta lo vuelve a contaminar con desechos sólidos, y aun más quemándolos y no protegiendo su medio ambiente. El Gran Canal ahora se pretende que no sea fuente de contaminación y a partir de 1994 se iniciaron las obras de entubamiento, como parte del programa de saneamiento.

Planta de tratamiento Ciudad Deportiva.

Esta planta fué construida con el objetivo de regar las áreas verdes de la ciudad Deportiva. En la actualidad su efluente se aprovecha también para el riego de avenidas importantes como: Presidente Plutarco, Elías Calles, Ignacio Zaragoza, Río Churubusco y algunas avenidas pequeñas, además de parques como el de los Venados y los Viveros de Coyoacán. La planta consta de 2 unidades, la 1ª tiene una capacidad de 80 lts/seg. y que entro en operación en 1958 y la 2ª unidad con una capacidad de 150 lts/seg. que entro en operación en el año de 1963. El agua residual tratada tiene características variables incluyendo algunos residuos industriales que han entorpecido el tratamiento. A partir del año de 1993 se ha concesionado la operación y mantenimiento de esta planta a los industriales de la zona de Iztapalapa e Iztacalco.

FIG. 2.7 PLANTA DE TRATAMIENTO CHAPULTEPEC

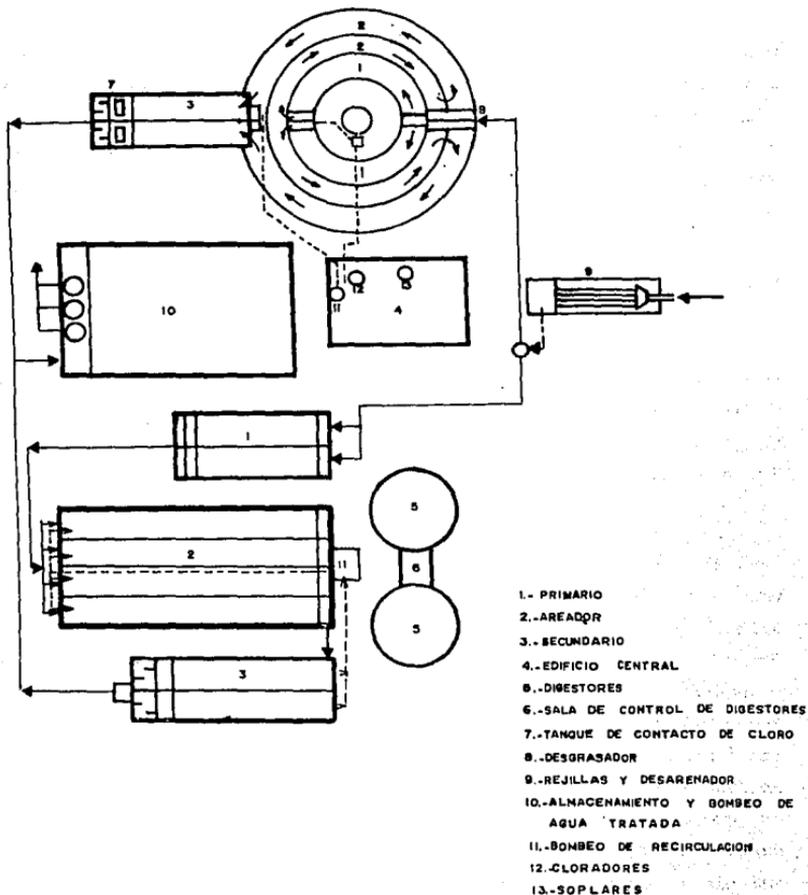


FIG. 2.8. PLANTA DE TRATAMIENTO SAN JUAN DE ARAGON

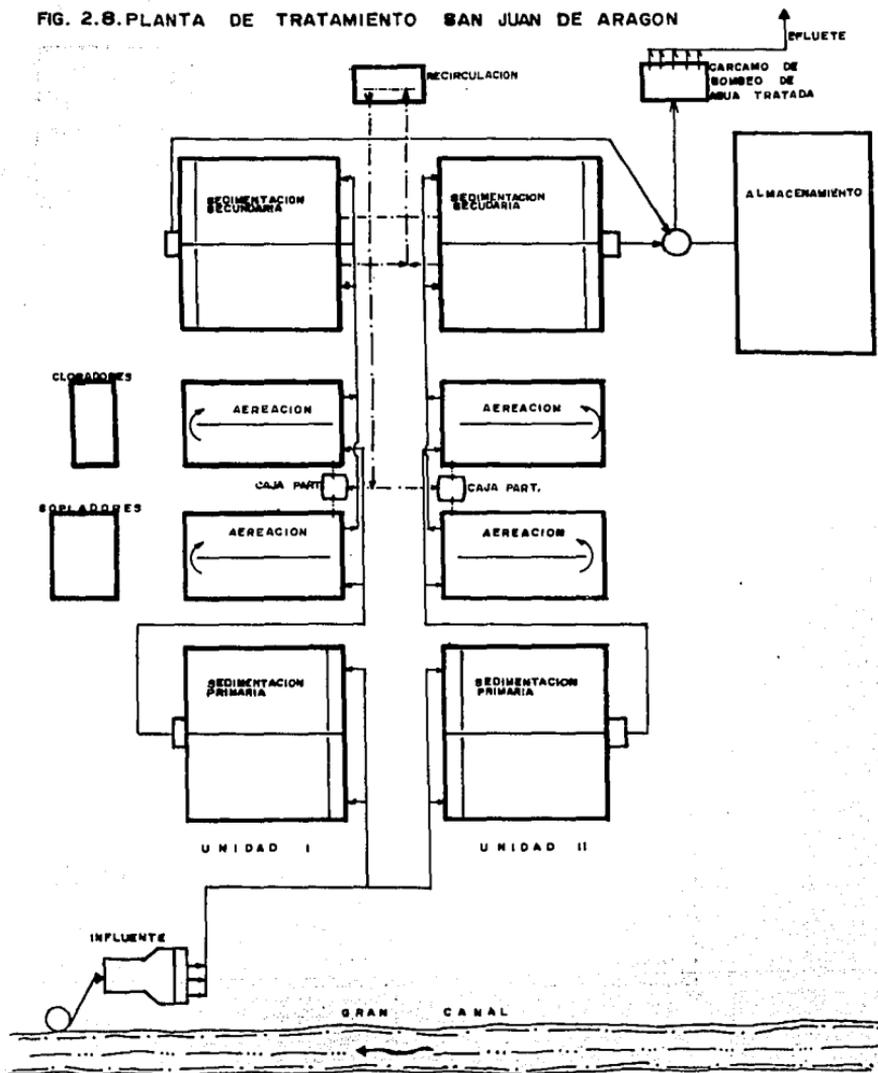
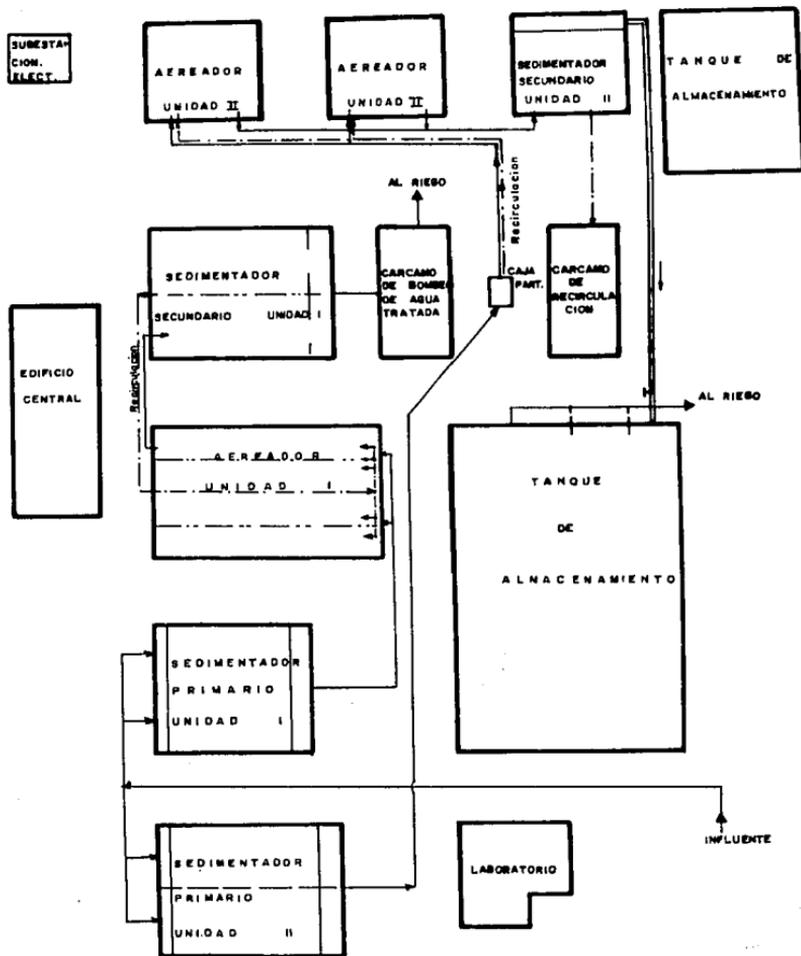


FIG. 2.9. PLATA DE TRATAMIENTO CIUDAD DEPORTIVA



Planta de Tratamiento Coyoacán.

Esta planta al igual que la de Cerro de la Estrella fueron construidas con la finalidad de destinar agua tratada para uso agrícola (Chalco, Mixquic, Xochimilco) y para mantener niveles en los canales y lagos de Xochimilco. Consta de 2 unidades, con una capacidad de 800 lts/seg en total.

Planta de tratamiento Ciudad Universitaria.

Esta planta cumple satisfactoriamente 2 objetivos el didáctico y el riego de áreas verdes de C.U., además de los camellones de las avenidas cercanas a esta. A esta planta llegan las aguas residuales del a) colector Copilco, con agua de origen 100% domestica de la colonia del mismo nombre b) colector de la zona antigua, que la forman aguas residuales de sanitarios, baños y limpieza de diferentes facultades c) colector de institutos por ejemplo Veterinaria, Ciencias del mar, haciendo de especial mención de que las aguas del instituto de Física y Facultad de Química no concurren a este punto dada su importancia como altamente contaminantes.

Esta planta que se utiliza para la investigación por parte del Instituto de Ingeniería de la UNAM, para a futuro construir mejores y eficientes plantas de tratamiento en base a desarrollo tecnológico principalmente

En esta planta se utilizan 3 procesos unitarios de tratamiento a nivel secundario que se describen de la siguiente manera:

- 1.- lodos activados con un gasto promedio de 20 lts/seg. este proceso es utilizado en su forma convencional, con aereación extendida.*
- 2.- Biodisco con un gasto promedio de 10 lts/seg.*
- 3.- Filtro goteador con un gasto promedio de 6 lts/seg*

FIG. 2.10. PLATA DE TRAMIENTO COYOACAN

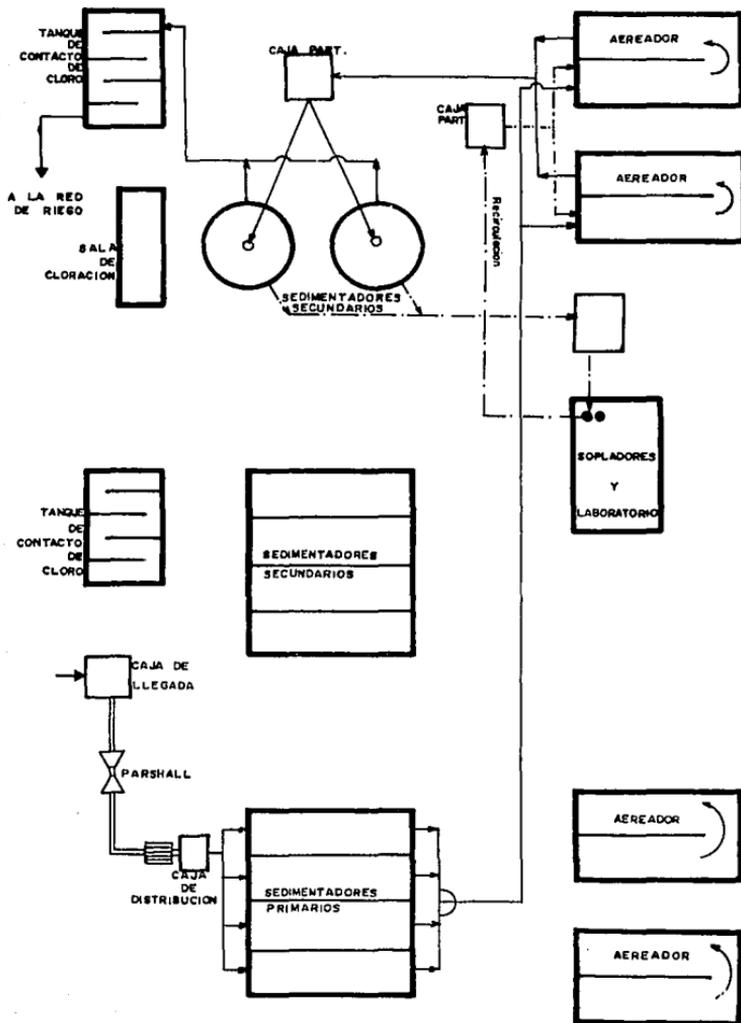
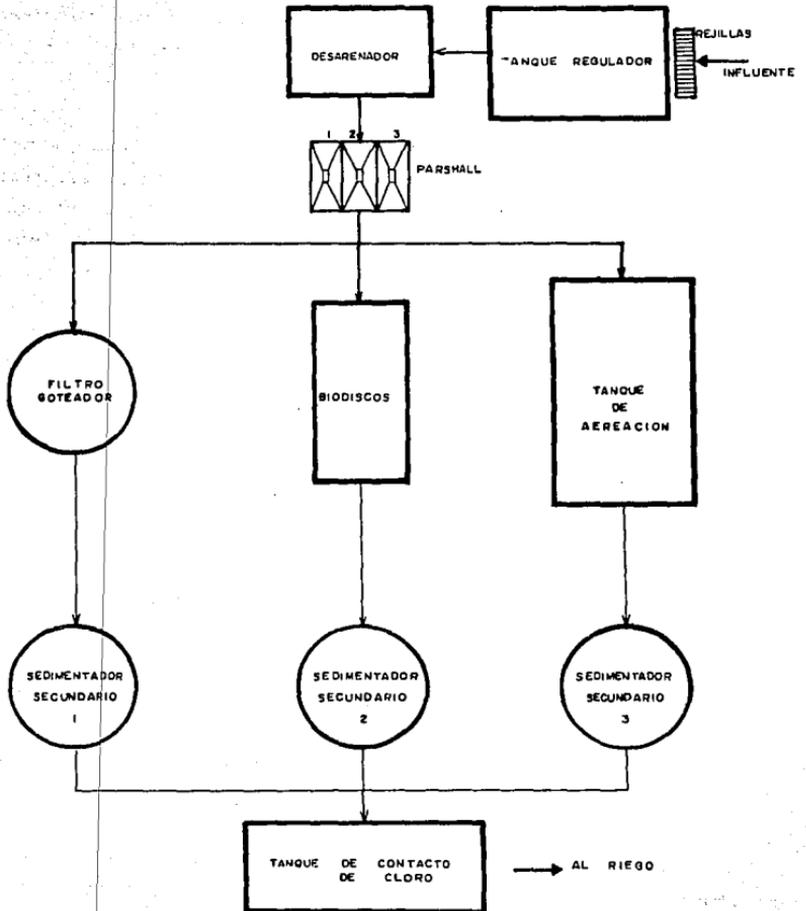


FIG. 2.II. PLANTA DE TRATAMIENTO CIUDAD UNIVERSITARIA



Planta de Tratamiento Cerro de la Estrella.

Esta planta es la más grande de la ciudad de México y del país, consta de 4 módulos de 1000 lts/seg cada uno, al juntarse e interconectarse con la planta de la Ciudad Deportiva riega parte de la Calzada Ignacio Zaragoza. Además se utiliza para la irrigación en Chalco y el llenado de lagos y canales de Xochimilco. Inició su operación en el año de 1971.

Además esta planta cuenta con una Unidad Experimental de Tratamiento Avanzado de agua residual. Era necesario efectuar la determinación de las tecnologías necesarias para lograr un proceso de tratamiento avanzado, pues con bases sólidas se puede tener la experiencia práctica a escala reducida, por lo que se diseñó y construyó en 1983 esta unidad, con la que es factible identificar la secuencia de los procesos adecuados para un tipo de agua en particular, en función del uso que se le quiera destinar. Esto se debe a que la calidad FQB de las aguas residuales en el D.F. presentan notables variaciones en espacio y tiempo principalmente, por la influencia que representan las descargas industriales. La planta tiene como objetivo producir agua con calidad FQB similar a la potable y determinar si la tecnología disponible en México permite producir tanto el equipo necesario para efectuar los distintos procesos unitarios, como el instrumental para el control hidráulico y analítico del proceso.

Con esta instalación experimental se ha logrado la capacitación del personal encargado de la operación, mantenimiento y administración de la planta y se determinan los criterios para el diseño y operación de sistemas a gran escala.

La selección de los procesos para el tratamiento avanzado se realizó a partir de los resultados de un programa de monitoreo

efectuado en 15 sitios del sistema de drenaje y determinando un total de 152 parámetros. Capítulo 2.5, entre ellos metales pesados y compuestos orgánicos sintéticos. Con esta información se definieron los grupos de contaminantes que no se remueven con un proceso normal de lodos activados, que es el nivel en que operan las instalaciones de Tratamiento del D.F. y que en consecuencia deben eliminarse para alcanzar una calidad superior.

El diseño de la Unidad Experimental de Tratamiento Avanzado incluye nueve etapas y procesos unitarios que mediante su interconexión, permiten simular diferentes secuencias: remoción de detergentes, precipitación química, desorción, recarbonatación, filtración en medio dual, adsorción en carbón activado, ozonización, osmosis inversa y desinfección. Esta secuencia de tratamiento fué seleccionada para remover los contaminantes característicos en el efluente de la planta de tratamiento de Cerro de la Estrella como son: nutrientes, detergentes, metales pesados, bacterias, virus y compuestos orgánicos sintéticos entre otros.

La Unidad Experimental de Cerro de la Estrella cuenta con las siguientes áreas:

Proceso. - Esta área cuenta con los procesos que se muestran en la tabla 2.5 distribuidos según el esquema de flujo general de la Fig. 2.13.

Laboratorio. - En el laboratorio de la instalación experimental se obtienen parámetros que permiten efectuar el control de los procesos involucrados en la secuencia. Paralelamente en el laboratorio central de la DGCOH se determinan hasta 200 parámetros más.

Simulación de recarga artificial por infiltración.- Con el propósito de poder identificar los cambios de calidad que experimenta un agua tratada a nivel secundario, es decir, a base de tratamiento biológico, se habilitaron tanques empacados con diferentes tipos de suelo cuya operación y sus resultados aportaran información básica para el proyecto piloto de recarga artificial que se ha previsto en la zona de Santa Catarina y Cerro de la Estrella.

La necesidad de evaluar los riesgos a la salud por el uso de aguas renovadas a diferentes niveles de calidad, determinó la creación de un área experimental en la que se utilizan organismos vivos cuya respuesta al contacto con el agua residual tratada constituye una valiosa información. En las primeras etapas de este programa se utilizaron truchas Arcoiris que son considerados organismos sensibles a las alteraciones de la calidad FQB del agua obteniéndose resultados indicativos para pruebas de toxicidad aguda y crónica, sin embargo la evaluación continúa a fin de obtener un panorama más completo.

Resultados.- La experimentación real en la unidad de tratamiento avanzado Cerro de la Estrella ha producido datos de Ingeniería básica para diseño y construcción de la planta de tratamiento terciario automatizado en San Luis Tlaxiátemalco de la que se obtendrá agua con calidad FQB similar a la potable que se utiliza para recarga artificial de acuíferos y para los proyectos de rehabilitación y ampliación de las plantas Cerro de la Estrella, San Juan de Aragón, Chapultepec, Acueducto de Guadalupe y Ciudad Deportiva.

Perspectivas.- La Unidad Experimental Cerro de la Estrella constituye una herramienta de gran valor para apoyar el desarrollo

del Plan Maestro de Tratamiento y reuso del agua, estructurado por la DGCOH, sus objetivos inmediatos son los siguientes:

a) Continuar con la experimentación para la recarga artificial del acuífero en la zona de Santa Catarina mediante la infiltración a través de lagunas y pozos de inyección. En la zona de San Luis Tlaxiátemalco, procesos en los cuales el agua debe alcanzar niveles similares a los del agua presente en los acuíferos de esas zonas.

b) Impulsar la experimentación a mediano plazo del reciclaje de agua residual con fines de consumo humano. Esta es la acción de mayor importancia para los habitantes de la ciudad de México, e implica controlar en tiempo real la calidad de las aguas captadas y producidas y contar con personal altamente capacitado, con sistemas automatizados de operación y control.

c) Finalmente la Unidad Experimental Cerro de la Estrella se utilizara para definir los criterios del diseño para desarrollar los procesos de las futuras plantas de tratamiento avanzado.

Planta de Tratamiento Bosque de la Lomas

Fue construida en el año de 1973 como condición del DDF para la aprobación del fraccionamiento Bosque de las Lomas, esta planta es la primera construida en el D.F. para cumplir con lo indicado en el reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua, tiene una capacidad de 55 lts/seg.

Planta de Tratamiento Acueducto de Guadalupe

El DDF por encargo del Banco Nacional de Obras y Servicios públicos construyó en 1974 la planta de tratamiento de Acueducto de Guadalupe con el objetivo principal de que el fraccionamiento del

FIG. 2.12. PLANTA DE TRATAMIENTO CERRO DE LA ESTRELLA

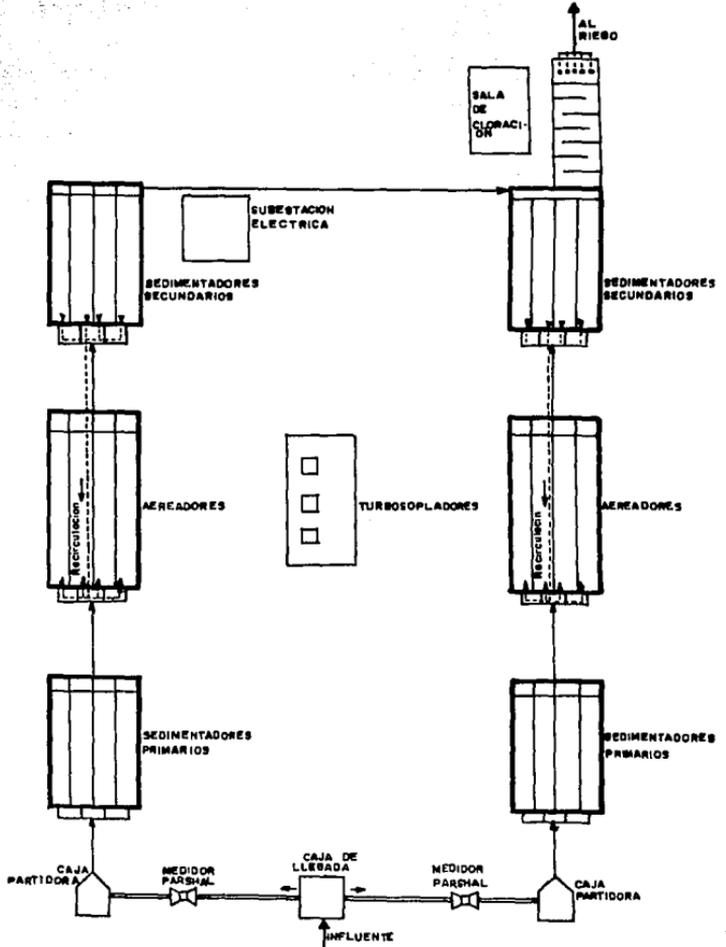


FIG. 2.13. DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL

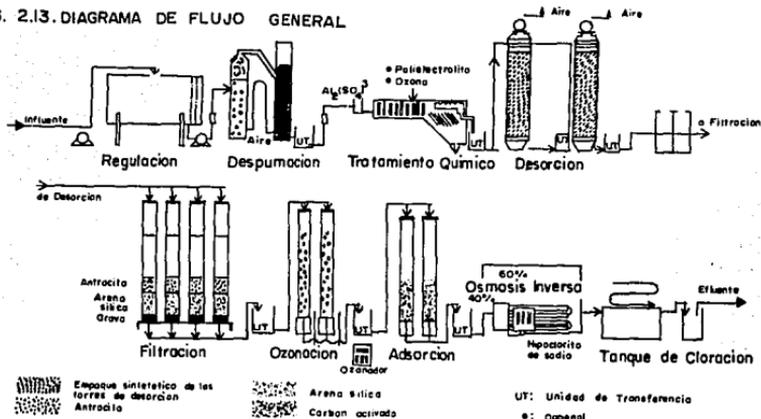
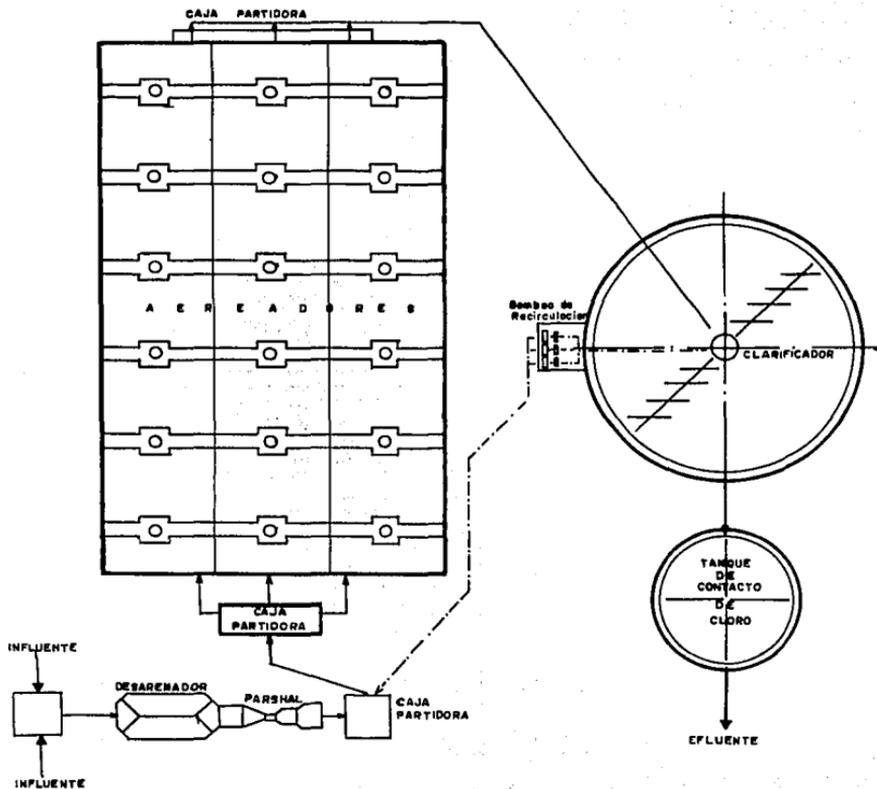


TABLA 2.5.U. EXPERIMENTAL DE TRATAMIENTO AVANZADO DE AGUA RESIDUAL CERRO DE LA ESTRELLA

PROCESO	PROPOSITO	DESCRIPCION	VARIABLES DE OPERACION	EFICIENCIAS DE REMOCION ALCANZADAS
DESPUMACION	REMOCION DE DETERGENTES	CAMARA VERTICAL CON INYECCION DE AIRE COMPRIMIDO	RELACION GASTO DE AIRE GASTO DE AGUA TIEMPO DE RETENCION, TIEMPO DE AGUA	85% de SAAM
TRATAMIENTO QUIMICO	PRECIPITACION DE FOSFATOS Y METALES PESADOS	PROCESO DE CLARIFICACION CON SEDIMENTACION DE ALTA TASA	GRADIENTES DE VELOCIDAD, SECUENCIA Y DOSIFICACION DE REACTIVOS, TIEMPOS DE RETENCION	90% DE FOSFATOS
DESORCION	REMOCION DE NITROGENO AMONICAL	DOS COLUMNAS EMPACADAS CON MEDIOS SINTETICOS MODULARES Y SISTEMA DE EXTRACCION DE AIRE	RELACION GASTO DE AIRE GASTO DE AGUA, ALTURA DEL EMPAQUE OPERACION O PARALELO, TIPO DE EMPAQUE	98% DE NITROGENO AMONICAL
FILTRACION	REMOCION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS Y REMANENTES DE MATERIA ORGANICA	4 COLUMNAS EMPACADAS CON ARENA, ANTRACITA Y GRAMA, OPERAN CON TASA CONSTANTE O DECLINANTE	CARGA HIDRAULICA SUPERFICIAL, PERIODOS DE CARGA, DURACION DE LA CARRERA "T" y "D" DE RETORNAO	96% DE SOLIDOS SUSPENDIDOS
OZONACION	OXIDACION DE MATERIA ORGANICA	GENERADOR DE OZONO Y DOS COLUMNAS DE CONTACTO	DOSIS DE OZONO Y TIEMPO DE CONTACTO	98% DE MATERIA ORGANICA
ADSORCION	REMOCION DE COLOR Y MATERIA ORGANICO-SINTETICA	2 COLUMNAS A PRESION CON LECHO DE CARBON ACTIVADO MINERAL	OPERACION SERIE-PARALELO, ALTURA DE LECHOS, TIEMPO DE RETENCION.	90% COLOR 90% DDO
OSMOSIS INVERSA	REMOCION DE SOLIDOS DISUELTOS, VIRUS, COMP. ORGANICOS SINTETICOS, ETC.	4 MODULOS DE MEMBRANAS ACETATO DE CELULOSA BOMBA DE ALTA PRESION, PRETRATAMIENTO	POR CIENTO DE RECHAZO Y RECIRCULACION, CAUDAL DE OPERACION 200 m ³ /seg	98% SOLIDOS DISUELTOS
DESINFECCION	GARANTIZAR CLORO RESIDUAL EN EL EFLENTE, REMOCION DE PATOGENOS	2 CAMARAS DE CONTACTO, SISTEMA DE INYECCION EN LINEA	OSIS DE HIPOCLORITO DE SODIO, TIEMPO DE CONTACTO	99-99% DE COLIFORMES TOTALES

FALLA DE ORIGEN

FIG. 2.14. PLANTA DE TRATAMIENTO BOSQUE DE LAS LOMAS



mismo nombre cumpliera con el reglamento para la prevención y control de la contaminación del agua. el gasto nominal de proyecto es de 80 lts/seg y su efluente se utiliza en el riego de áreas verdes de camellones, de Insurgentes, IPN, 100 metros. La unidad profesional Zacatenco y a partir de 1991 la zona industrial de Vallejo. Esta planta se construyó con digestores anaerobios de lodos de alta capacidad, centrífuga para secado de lodos en un lecho de secado cubierto, inició su operación en el año de 1978. Cabe mencionar que esta planta actualmente la operan los industriales de Vallejo por concesión del DDF a estos.

Su influente a tratar lo toma de la Unidad Habitacional, es necesario informar que en esta zona norte del D.F. la atraviesan 3 grandes ríos como son San Javier, Tlalnepantla y Los Remedios, en estos cauces al igual que el gran canal son fuente de contaminación (agua, suelo, aire) y que en sus orillas es frecuente observar ganado que esta en continuo contacto con el agua, y que por vía cadena alimenticia ¿ pueden llegar a afectar al ser humano? además animales domésticos que continuamente entran en contacto con el hombre, y que se convierte en un vector de enfermedades.

Planta de Tratamiento Tlatelolco.

Esta planta se construyó en el año de 1979 con el objetivo de control de la contaminación, tiene una capacidad instalada de 20 lts/seg, su efluente se utiliza para el riego de las áreas verdes de la Unidad Habitacional Nonoalco-Tlatelolco, y su influente a tratar es de la misma agua residual de la misma unidad.

Planta de Tratamiento El Rosario.

La planta se construye con el fin de controlar la contaminación en el año de 1981 con una capacidad instalada de 25 lts/seg, además cuenta con un tratamiento secundario de lodos

FIG. 2.15. PLANTA DE TRATAMIENTO ACUEDUTO DE GUADALUPE

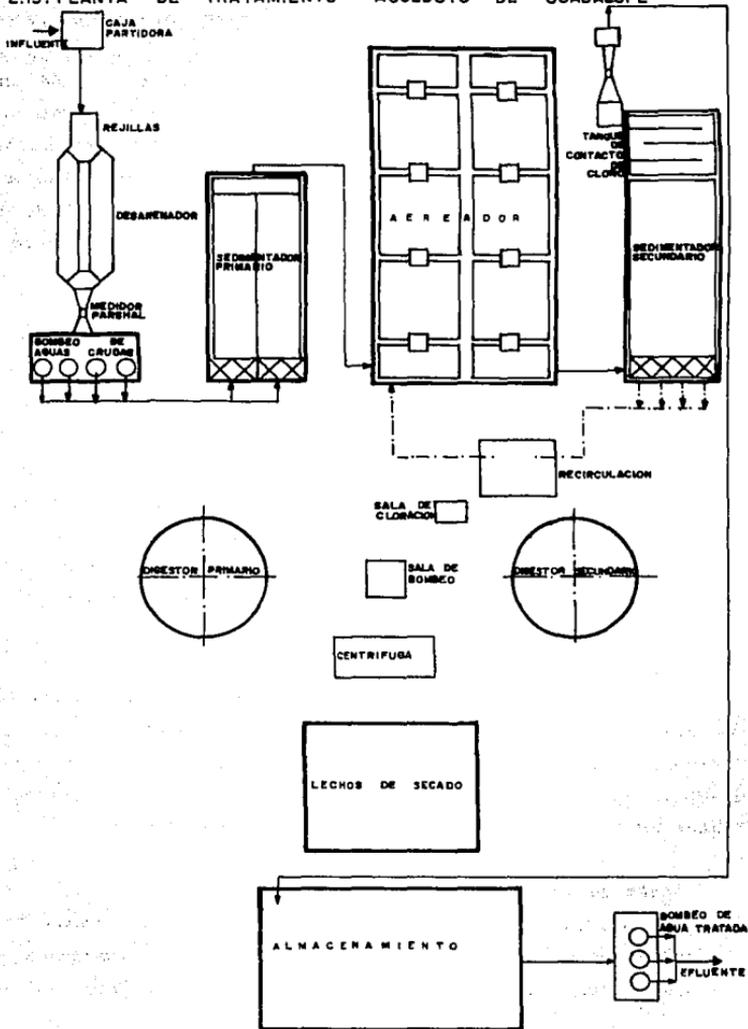
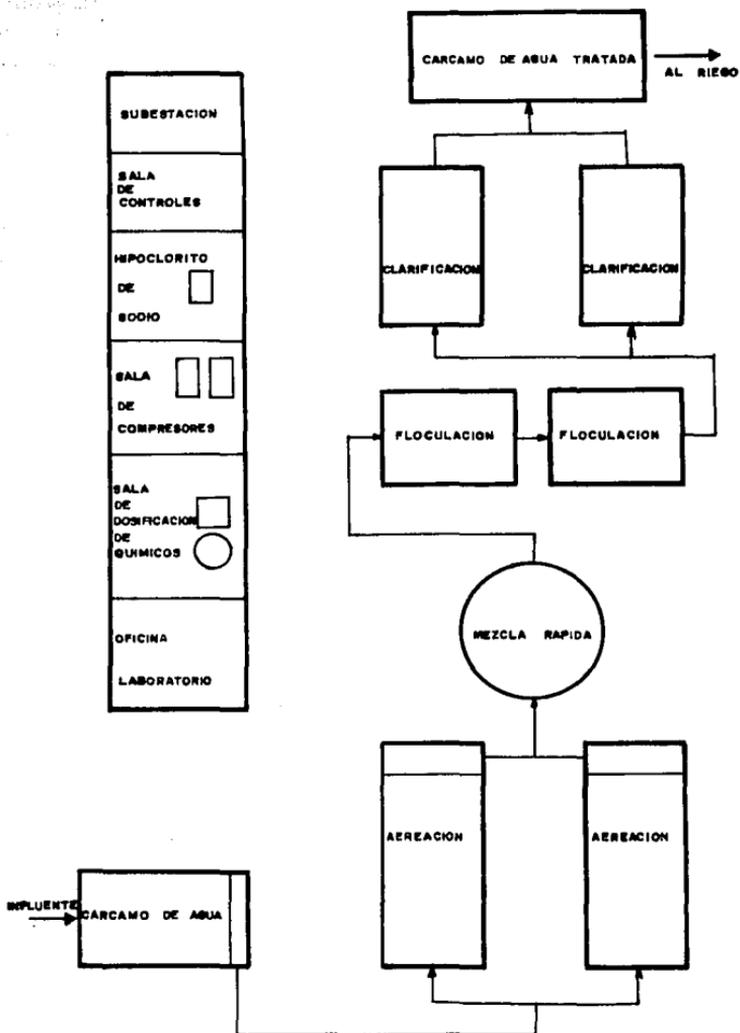


FIG. 2.16. PLANTA DE TRATAMIENTO TLATELOLCO



activados, tiene un tratamiento terciario de Carbón Activado, su efluente se utiliza para el riego de las áreas verdes del parque Tezozomoc, el llenado del lago del mismo parque y el camellón de la avenida Culturas. Su influente lo adquiere de la Unidad Habitacional El Rosario y en horas de poco gasto, lo toma del río Los Remedios.

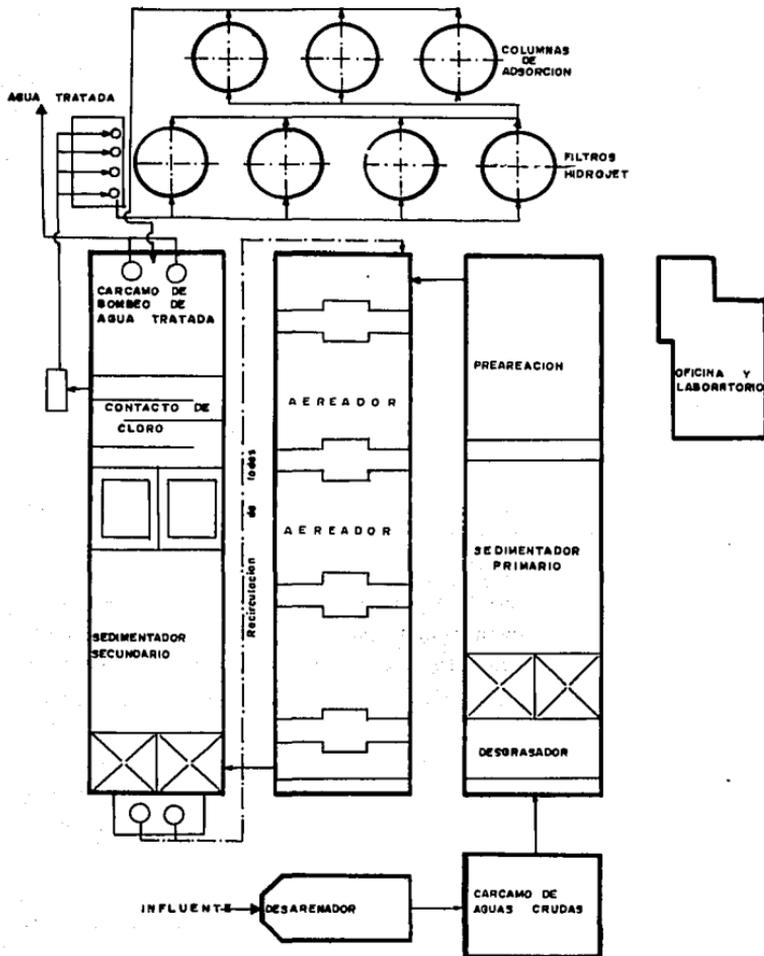
Planta de Tratamiento San Luis Tlaxialtamalco.

En 1989 se dio un salto en la tecnología de agua tratada, al iniciar su operación esta planta de tratamiento terciario, ubicada en Xochimilco, cuyas características la hacen única en el país. La planta cuenta con un proceso de tratamiento de espumación, más un tratamiento biológico de lodos activados con nitrificación y filtración a través de arena y antracita, procesos que permiten obtener un efluente de alta calidad. Con esta agua tratada de excelente calidad se inició otro uso importante para el D.F.: recarga artificial en forma permanente y segura del acuífero, menguado por la explotación intensiva que se ha provocado el abatimiento de sus niveles. Adicionalmente se usará esta agua renovada para mantener el nivel de los canales de la zona turística y chinampera de Xochimilco, mejorando su calidad y ofreciendo un riego confiable para cultivos.

Esta planta consta de 3 módulos de tratamiento que producirán 225 lts/seg de aguas residuales provenientes del colector pueblos del sur las descargas de 4 pueblos del sur de Xochimilco y posteriormente se incorporarán las que produce el canal de Chalco, que capta las descargas de las delegaciones de Tláhuac e Iztapalapa.

Para su diseño se realizaron, en cada una de las partes que la componen, pruebas experimentales de tratamiento biológico y

FIG. 2.17. PLANTA DE TRATAMIENTO EL ROSARIO



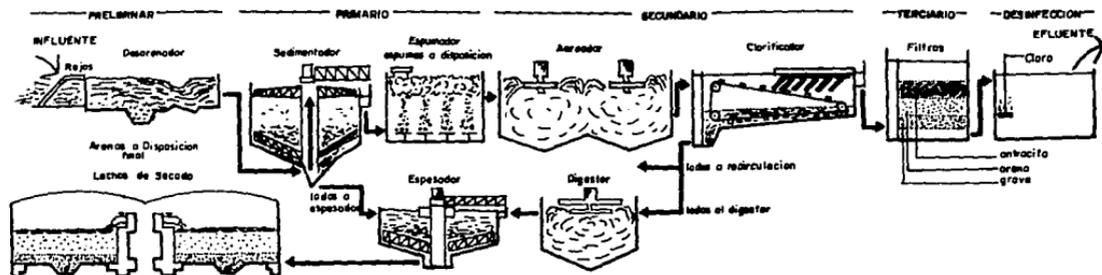
avanzado que la DGCOH opera desde 1983, con la Unidad Experimental de Tratamiento Avanzado de Cerro de la Estrella; así, la planta ofrece una gran confiabilidad en su diseño.

Por otra parte, se incorporara por primera vez a nivel nacional, la etapa de remoción de detergentes, cuya tecnología es fruto de estudios realizados por el equipo técnico de la DGCOH y que se considera imprescindible para los nuevos usos. Asimismo el proceso de lodos activados, realizado por aeración superficial está concebido para remover adicionalmente nitrógeno amoniacal del agua, lo que es precedente a nivel nacional. Finalmente se cuenta con filtros de medio dual (arena y antracita) cuya operación garantiza un efluente de alta calidad.

También se incorporo un sistema de control y operación automatizado, operado por computadora, que incluye entre sus componentes, medidores de tiempo real de parámetros de calidad, contribuyendo todo esto a asegurar, en todo momento la alta calidad del agua que se desea producir.

Aun cuando la planta esta diseñada y concebida prioritariamente como instalación para reuso de agua residual tratada, es conveniente resaltar el hecho de que su operación contribuirá decisivamente al saneamiento de la zona de Xochimilco, ya que tratara la totalidad de las aguas residuales generadas en los 4 pueblos del sur, y una parte de las aguas que produce el canal de Chalco. Esta planta modelo no producirá residuos peligrosos, ya que los lodos y espumas generados serán tratados en sus propias instalaciones.

La selección de los procesos que integran la planta fue realizado con base en la identificación de los contaminantes



ETAPA	PROCESO	REMOCION O EFECTO
Preliminar	Cribado Desarenación	Sólidos de gran tamaño Arena y sólidos suspendidos
Primario	Sedimentación Espumación	Sólidos suspendidos, grasas y aceites Detergentes
Secundario	Aeración Sedimentación de alta tasa	Materia orgánica de origen carbonoso y nitrogenado
Terciario	Filtración	Sólidos suspendidos y coloidales
Desinfección	Cloración	Bacterias patógenas
Tratamiento de lodos	Digestión Espesamiento Secado	Estabilización de lodos Concentración Deshidratación

FIG. 2.18. PLANTA DE TRATAMIENTO SAN LUIS TLAXIALTEMALCO

presentes en las aguas residuales a tratar, que en este caso, considerando su origen fundamentalmente doméstico, incluyen principalmente a la materia orgánica, nutrientes como nitrógeno y fósforo, detergentes, grasas y aceites, sólidos en suspensión y bacterias patógenas.

En lo que respecta a la recarga de acuíferos, se seleccionó el Pozo de San Luis 15, al cual llegará una línea que conducirá el agua renovada producida por esta planta, adicionalmente se perforaron 3 pozos de observación a través de los cuales se conocerá la evolución del nivel y calidad del agua de recarga al mezclarse con el agua del acuífero de la zona.

Planta de Tratamiento Colegio Militar.

Esta planta colecta todas las aguas del H. Colegio Militar, y el objetivo de su construcción es principalmente controlar la contaminación, actualmente se rehabilitó para ampliar su capacidad y de esta manera captar las aguas que descargaban a las barrancas y así tratar la suficiente agua para el riego de áreas verdes del mismo Colegio Militar.

Planta de Tratamiento Reclusorio Sur.

Esta planta inicia su operación en el año de 1981, cabe mencionar que su construcción no estuvo a cargo de DGCOH, su diseño y construcción fue por parte de Degremont S.A. actualmente con la ampliación que estuvo a cargo de DGCOH que fue de 18 lts/seg. a 25 lts/seg. y tiene como objetivo el saneamiento de la zona lacustre de Xochimilco y el riego de áreas verdes del reclusorio, este último cuenta con un sistema de drenaje separado, sus aguas jabonosas descargan directamente hacia el canal, ubicado al poniente de las instalaciones y las aguas residuales (del WC y cocina) se conducen a la unidad de tratamiento.

Planta de Tratamiento Iztacalco.

Esta planta inició su operación en 1992, cuenta con una capacidad de 15 lts/seg. y su efluente se utiliza para los industriales de la zona.

2.7 USOS DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

Para evaluar las posibilidades de reuso planteadas, se ha aplicado el análisis costo-efectividad en lugar del análisis costo-beneficio, comúnmente empleado en proyectos de ingeniería. La principal razón por la que conviene aplicar tal análisis a problemas de este tipo, dado que los objetivos fijados no son fácilmente cuantificables en términos económicos, como son: riesgos a la salud, la aceptación o rechazo del público a ciertos usos de agua renovada y la preservación del medio ambiente.

Cuando la fuente es agua residual, se debe emplear la cobertura de parámetros que sancionen el agua renovada, de acuerdo con la calidad que requieren los usos a que se destine, por lo cual es necesario definir criterios que sancionen la calidad FQB de las aguas renovadas de acuerdo con aspectos toxicológicos, cuando el principal componente involucrado es el hombre y/o los animales y características físico-químicas cuando se requiere preservar componentes abióticos, como suelos, instalaciones y estructuras de conducción y distribución.

Por lo anterior fue necesario reglamentar los usos del agua renovada, capítulo 2.9 ya que su aprovechamiento (principalmente riego de áreas verdes, llenado de lagos, lavado de autos, industrial y llenado de canales) no ha requerido sino cumplir con ciertas características de las aguas, como ausencia de materia orgánica y de organismos patógenos al hombre.

A continuación se presenta un marco de clasificación de los

usos del agua residual tratada ó agua renovada. Asimismo, para cada uno de dichos usos se establecen los criterios que serán tomados en cuenta para la recomendación de normas de calidad.

1.- Reuso potable.

1.1. Reuso directo.

En este uso el principal componente biótico es el ser humano que ingiere en promedio 2 lts/día durante su existencia, por lo tanto, la calidad FQB debe ser tal que no ejerza efectos nocivos a mediano y largo plazo sobre su salud. Para la protección de los principales componentes abióticos involucrados (estructuras de almacenamiento y conducción) el agua no debe tener características corrosivas o incrustantes. Esta agua debe ser apta para la ingestión humana, procesamiento de alimentos y usos domésticos.

Criterios de calidad. - El agua deberá cumplir en todo con las normas de calidad establecidas en el reglamento de agua potable para el D.F. desarrollado por la DGCOH.

1.2. Recarga directa de acuíferos.

Agua de calidad equiparable al agua superficial cruda que es apta para consumo humano, procesamiento de alimentos y usos domésticos después de su proceso de desinfección.

Criterios de Calidad. - El agua deberá tener una calidad tal que después de haber sido sometida exclusivamente a cloración, cumpla con las normas establecidas en el reglamento de agua potable para el D.F.

1.3. Recarga de Acuíferos por infiltración.

Agua de calidad equiparable a la superficial cruda que es

apta para el consumo humano, procesamiento de alimentos y usos domésticos después de un proceso convencional de potabilización. Esta recarga de acuíferos es un hecho que se está llevando a cabo en la sierra de Santa Catarina y que a principios del siguiente año se llevará a cabo en el Cerro de la Estrella. Estos proyectos no se llevaron a cabo hasta que el afluente de Cerro de la Estrella recibiera tratamiento terciario.

Criterios de Calidad. - Aguas de una calidad tal que, después de haber sido sometidas a un tratamiento avanzado y desinfección, cumplan con las normas establecidas en el reglamento de agua potable del D.F. En caso de que algún contaminante pudiera interferir con el tratamiento mencionado, la concentración de este contaminante deberá de limitarse en la fuente generadora si se desea emplear este uso potencial.

2. - Reuso Municipal.

2.1. Uso recreativo con contacto directo.

Agua en la que el ser humano estará sumergido o en contacto prolongado con ella, estas actividades incluyen natación y esquí acuático. En lo que respecta a la natación la presencia de patógenos es restrictiva pues existen riesgos para el hombre por el contacto y/o ingestión del agua. Considerando que se requieren dosis infectivas relativamente altas para causar enfermedad y la ingestión solo se produce accidentalmente, los riesgos disminuyen pero no se eliminan.

Criterio de Calidad. - El agua deberá ser estéticamente agradable, virtualmente libre de sustancias como aceites, grasas, materia flotante y libre de crecimiento acuático desagradable. Deberá asimismo, considerarse libre de patógenos y sustancias

tóxicas que pudieran causar irritación de los ojos o la piel. También el agua deberá ser lo suficientemente clara para permitir localizar objetos sumergidos. La ingestión de cantidades limitadas de agua no deberá causar enfermedad alguna.

2.2. Uso recreativo sin contacto directo prolongado.

Agua en la que el ser humano entra en contacto solo ocasionalmente y por períodos de tiempo limitados. Estas actividades incluyen el remo, chapoteó, veleo, etc.

Criterio de Calidad. - El agua deberá ser estéticamente aceptable, virtualmente libre de sustancia como aceites, grasas, materia flotante y libre de crecimiento masivo de plantas acuáticas que pudieran provocar olor desagradable o dificultades para su uso. La ingestión de cantidades pequeñas de agua no deberá ser peligrosa para la salud.

2.3. Usos urbanos o municipales.

Agua usada para el riego de pastos y arbustos dentro de los límites de zonas urbanas, como el caso de campos de golf, lavado de automóviles e incendios. Se incluyen servicios comerciales, industriales y públicos. Puesto que la exposición es por contacto se consideran por sus riego algunos compuestos organoclorados (bencenos clorados) y la presencia de patógenos.

Criterio de Calidad. - El agua deberá estar libre de sólidos suspendidos y con una baja turbiedad, a manera de asegurar una muy alta remoción de virus y bacterias. Asimismo los aerosoles potenciales deberán considerarse bacteriológicamente seguros.



Fotografía 2.7 Uso del agua residual tratada con fines recreativos como es el llenado de lagos de Chapultepec. Aragon, Parque Tezozomoc. Canales de Xochimilco. Chapultepec. D.F.



Fotografía 2.8 Agua residual tratada que llega a los canales de Xochimilco, y que su cantidad FUE es vital para realizar con eficiencia el rescate ecológico y turístico de la zona chinanpera de Xochimilco. Xochimilco D.F.

3.- Reuso industrial.

3.1.- Enfriamiento.

3.1.1.- Enfriamiento de un solo paso.- Agua usada por plantas generadores de energía eléctrica y otras industrias como intercambiador de calor sobre la base de un solo paso.

Criterio de Calidad.- El agua de uso para enfriamiento de un solo paso requiere por lo general de grandes volúmenes, por lo que el criterio se limita a la reducción de contaminantes que pudieran bloquear o sedimentarse en el sistema de enfriamiento.

3.1.2.- Enfriamiento con recirculación.- Agua usada por plantas generadoras de energía eléctrica y otras industrias como intercambiador de calor, recirculando estas en las instalaciones de enfriamiento.

Criterio de Calidad.- Estas aguas deberán ser bajas en contaminantes que pudieran producir incrustaciones, bloqueos o la formación de película bacteriana (lama) en el sistema. En este caso se supone que existe control en el incremento de contaminantes en el sistema mediante purgado; asimismo el agua no deberá de ser corrosiva.

3.2.- Generación de vapor.

Agua usada para la generación de vapor para fines de energía o procesos, se incluye el uso para producción de vapor en calderas de baja y media presión.

Criterio de Calidad.- En este caso la calidad del agua dependerá de la presión de operación de la caldera. Si el vapor generado es empleado para el procesamiento de alimentos, entonces el agua deberá cumplir con las normas correspondientes a la

industria alimenticia. Además la calidad del agua deberá ser tal que no permita incrustaciones minerales ni corrosión en los equipos.

3.3. - Procesos.

Agua incorporada a los procesos productivos, con carácter ilustrativo se mencionan algunos de estos posibles reusos.

3.3.1.- Industria alimenticia. - Agua empleada para enjuague, lavado, transporte y preparación de productos alimenticios.

Criterios de Calidad. - En general en este caso el agua deberá ser de calidad potable, tanto como para procesos como para producción de vapor que se involucra en el proceso.

3.3.2.- Industria de la celulosa y el papel. - Agua empleada en el procesamiento y la molienda de madera, lavado de pulpa y transporte de fibra de los procesos de producción.

Criterio de Calidad. - Se limitan contaminantes que pudieran causar bloqueos o crecimiento de lamas en el equipo, así como afectar el color, textura o uniformidad de la pulpa, se limita asimismo la dureza que puede causar depósitos y presencia de contaminantes que pudiera ser corrosivos.

3.3.3.- Industria Química. - Agua usada para el lavado, transporte y mezcla de producto, así como también empleada como medio de reacción química. Puede ser dividida en industria química orgánica e industria química inorgánica.

Criterio de Calidad. - Se limitan los contaminantes de tal manera que el agua no cauce reacciones químicas desfavorables, o

las retrase. En este caso no se incluye agua para enfriamiento o calderas.

3.3.4 - *Industria del Petróleo*. - Agua empleada para procesos como refinación, desalación y fraccionamiento, así como medio de transporte y almacenaje de productos. Puede ser dividida en extracción de petróleo, petroquímica básica y petroquímica secundaria.

Criterio de Calidad. - Aguas con bajos contenidos de sólidos disueltos, cloruros y fierro, no se incluye aguas para enfriamiento o calderas.

3.3.5 - *Industria Metal-mecánica*. - Agua usada para el procesamiento de metales ferrosos y no ferrosos.

Criterio de Calidad. - Aguas que pueden considerarse no corrosivas y no formadoras de incrustaciones en el sistema, no se incluye agua para enfriamiento o calderas.

4. - REUSO AGROPECUARIO.

El aprovechamiento de las aguas residuales en riego agrícola se practica en México desde hace más de 100 años. en Hidalgo (valle del Mezquital) se riega un volumen de 980 millones de m³/año de aguas provenientes de la zona metropolitana de la ciudad de México, para el riego de 85 000 Ha.

Las ventajas de esta practica son:

- a) Mayor oferta de agua.
- b) Apertura de fines al cultivo.
- c) Fuente segura de abastecimiento.
- d) Aporte de nutrientes.
- e) Incremento de la productividad agrícola y desarrollo.

Sin embargo debe tenerse presente el riesgo que conlleva el reuso del agua en la agricultura por la contaminación de cultivos, suelo, agua y ganado que afecta a la salud pública y a la propia producción agropecuaria. Además persiste el riesgo de afectar a la salud, tanto de las personas que consumen productos regados con estas aguas, como de los propios trabajadores del campo y sus familias que conviven con las aguas residuales.

4.1.- Forrajes y comestibles que se consumen cocidos.

Agua usada exclusivamente para el riego agrícola de forrajes y pastos, así como comestibles que se consumen cocidos. En lo que respecta a la irrigación de cultivos destinados a la alimentación de ganado, producción de textiles y riego de áreas verdes. Los compuestos como aldrín, dieldrín, policlorobenceno e hidrocarburos aromáticos polinucleares, presentan riesgos de cáncer por la bioacumulación en el animal y su transferencia al hombre. La mayoría de los compuestos señalados son absorbibles por la piel; su alto grado de estabilidad fisicoquímica y su resistencia a la biodegradación favorece su magnificación.

Criterio de Calidad.- Se considera que las aguas de riego serán utilizadas en forma continua todo el año, en todo tipo de suelo. No se consideran en este criterio condiciones de suelo que pudieran requerir niveles diferentes de calidad del agua. Asimismo no se considera ningún tratamiento adicional al agua renovada.

4.2.- Comestibles que se consumen crudos.

Agua usada para el riego de cultivos destinados al consumo humano y que se consumen crudos, una excepción son los frutales cuyas normas de calidad dependen del sistema de riego (aspersión, goteo, etc.).

Criterio de Calidad.— Se considera que las aguas de riego serán utilizadas en forma continua todo el año, en todo tipo de suelo. No se consideran en este tipo condiciones de suelo que pudieran requerir niveles diferentes de calidad del agua renovada necesaria para este tipo de cultivos, principalmente hortalizas y frutas, requiere de bajas concentraciones de compuestos organoclorados principalmente plaguicidas (aldrin, dieldrin, DDT.) y otros compuestos sintéticos (naftaleno, nitrobenzeno y nitrosaminas). El contenido de parásitos y microorganismos patógenos es restrictivo para este uso. Asimismo, no se considera ningún tratamiento adicional al agua renovada.

4.3. — Abrevaderos y vida silvestre.

Agua apta para el consumo ganadero y la procreación y fomento de vida silvestre (no incluye a vertebrados domésticos), sin incluir peces.

Criterio de Calidad.— La calidad del agua deberá ser tal que asegure la sobrevivencia a corto y largo plazo de animales vertebrados no domésticos, excluyendo peces, se debe tener especial atención a los metales pesados y a los compuestos orgánicos sintéticos bioacumulables, por el efecto que pueden ejercer a mediano y largo plazo sobre el hombre. Los contaminantes que produzcan coloración o sabor a la carne ó leche deberán ser controlados.

4.4. — Acuicultura.

En terminos generales los sistemas acuáticos son más sensibles a la acción de contaminantes por carecer de mecanismos de inducción específicos (mecanismos enzimáticos) y su alta dependencia de las condiciones ambientales existentes, las especies químicas (tanto de compuestos sintéticos como de metales pesados) y su forma (soluble



Fotografía 2.9. Aguas residuales sin tratar que son usadas para el ganado directamente del río, y que es uno de los reusos de esta agua pero con un tratamiento y con una calidad que no perjudique al ganado ni al ser humano que lo consume. Río de los Remedios D.F.



Fotografía 2.10. Utilización del agua tratada en el riego de áreas verdes como los bosques de Chantitepec, Aragón, Ciudad Universitaria, Ciudad Deportiva, etc. Ciudad Itepetiva D.F.

Y/O insolubles) eliminan el acceso al primer nivel trófico (fitoplancton), al cual se le puede considerar como el primer nivel selectivo, ya que su sobrevivencia determina el grado de afectación a otros niveles. Las formas insolubles de los contaminantes tienen acceso rápido a los sistemas bentónicos y al sedimento, donde la biotransformación de estos compuestos mediante microorganismos específicos, determina la afectación de especies bioquímicas de más rápido acceso a los sistemas biológicos y al hombre mismo cuando los consume. En cuanto a patógenos su presencia en organismos principalmente bentónicos es indispensable ya que además de concentrarlos generalmente el hombre los consume crudos. En resumen, la calidad del agua deberá poder soportar el crecimiento y la propagación de peces, las sustancias que produzcan modificaciones en el sabor del pescado deberán limitarse por completo.

5.- Reuso en Construcción.

5.1.- Fabricación de concreto premezclado.

Como es sabido la elaboración de concretos demanda grandes cantidades de agua, cuya calidad debe ser la especificada de manera que no produzca reacciones anormales que pudieran ejercer efectos dañinos en el concreto.

Tomandose en cuenta lo anterior expuesto, en 1991 se integró un comité para estudiar la influencia que el agua residual tratada empleada como agua de mezclado pueda tener efectos adversos en el comportamiento y en la producción de concretos, dicho comité se integro por:

- DDF - DGCOH
- Laboratorios ICATEC
- Empresas premezcladoras (BALSAS, CONCRETOS

**METROPOLITANOS, LACOSA, PRECONCRETO, CARSA,
DECAR Y APASCO)**

Además se eligieron efluentes de las plantas de tratamiento de Cerro de la Estrella, San Juan de Aragón, y Ciudad Deportiva. Eligiéndose agregados de un solo banco, y cemento tipo I, Tolteca, la variante principal fue el agua potable y la de estudio agua tratada, de igual manera se eligieron concretos de 5 diferentes resistencias a la compresión 150, 225, 200, 375 y 450 kg/cm².

Criterio de Calidad. - Durante las pruebas y elaboración de las mezclas de concreto se observó que las aguas provenientes de Ciudad Deportiva y San Juan de Aragón, después de 2 días de almacenamiento presentan signos de fermentación, formándose algunas partículas con cierto tipo de coagulación con cambio de coloración de verdoso a café.

En lo que respecta al concreto fresco el revenimiento medido de la consistencia en el concreto fresco, se diseñó para obtenerse dentro de un rango de 13 a 15 cm, los resultados arrojaron que únicamente 3 de 20 mezclas tuvieron 16 cm, los demás en el rango.

Los resultados obtenidos de las resistencias a la compresión de los concretos con aguas tratadas comparativamente con concreto con aguas potables testigo, acusaron una disminución de la resistencia significativa a edades de 7, 28, y 90 días, para concretos con agua de Cerro de la Estrella las resistencias disminuyeron hasta 9%, Ciudad Deportiva 15% y San Juan de Aragón 14%. Existe evidencia en la literatura técnica con relación a concentraciones de aceite mineral superiores al 2% por peso de cemento que puede reducir la resistencia del concreto en un 20%. Esto indica claramente que se requiere más cantidad de cemento para concreto con aguas tratadas para obtener una determinada

resistencia que se obtiene del concreto con agua potable.

Ha sido posible sancionar algunos contaminantes, por que se les ha identificado en las aguas residuales del tipo de las que se generan en el D.F. y se les ha considerado en los reglamentos que se relacionan con el agua potable y con la preservación de fuentes naturales. Sin embargo, para que estos alcancen la categoría de norma, habrá que proseguir el estudio y evaluación de ellos, considerando aspectos de carácter técnico, económico, social y legal. Asimismo, deberán formularse otras técnicas para la identificación de contaminantes que hasta ahora no ha sido posible identificar ni cuantificar en México, como materiales radiactivos, fibras de asbesto y virus.

En forma preliminar, y con el fin de tener una idea de las características FQB que debe reunir el agua para determinado uso, se ha estructurado un índice de Calidad de las Aguas Renovadas (ICARen) definido por la expresión:

$$ICARen = Ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Ci/Vci + 1)^3}{n} \right)$$

Donde:

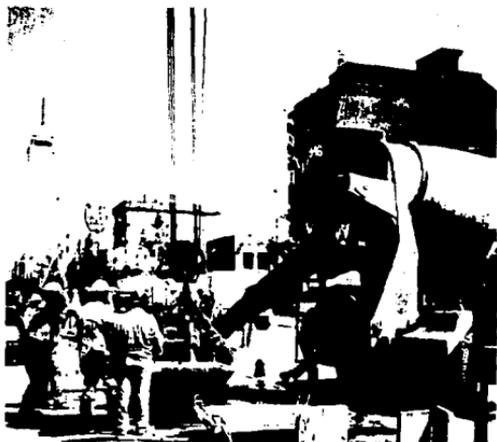
ICARen = Índice de calidad de las Aguas Renovadas, adimensional.

Ci = Concentración del i-simo compuesto químico y/o contaminante biológico presente en el agua.

Vci = Criterio de concentración del i-simo compuesto químico y/o contaminante biológico para el agua potable.

ⁿ = Número de parámetros y/o contaminantes involucrados en determinado uso.

Este índice, aplicado a los criterios que sancionan la calidad de las aguas renovadas, alcanza los valores que se muestran en la Figura 2.20. Como se puede ver, algunos usos tienen ICARen similares, pero no sancionan los mismos contaminantes. Por otro lado, la curva que describe la relación uso-ICARen tiene un límite que tiende a un valor del índice de aproximadamente 38.0 de lo que puede inferirse que cualquier agua que supere este valor deberá considerarse como no apta para uso alguno.



Fotografía 2.11 El concreto premezclado reutiliza agua tratada, pero los estudios de calidad no favorecen el reuso de esta sin antes mejorar su calidad. México D.F.

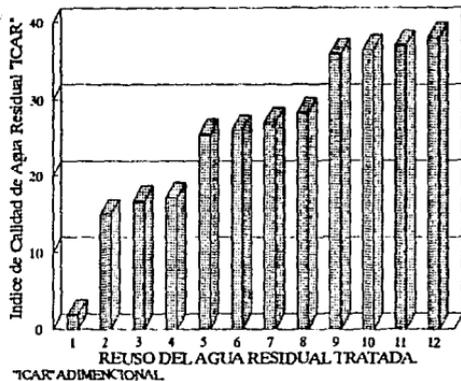


Fotografía 2.12 Reutilización de grandes volúmenes de agua tratada que junto con la bentonita estabilizan excavaciones y facilitan la construcción. México D.F.

FIG. 2.19. - REUSOS DEL AGUA RESIDUAL TRATADA.

1.- SUMINISTRO DE AGUA POTABLE.	<i>Inyección directa a la red de agua potable</i>
	<i>Inyección por pozos al acuífero.</i>
	<i>Infiltración superficial al acuífero</i>
2.- REUSOS MUNICIPALES.	<i>Uso recreativo con contacto directo</i>
	<i>Uso recreativo sin contacto directo.</i>
	<i>Riego urbano</i>
3.- REUSO INDUSTRIAL.	<i>Enfriamiento</i>
	<i>Generación de vapor.</i>
	<i>Procesos industriales</i>
4.- REUSO AGROPECUARIO.	<i>Forrajes, alimentos que se consumen cocidos</i>
	<i>Alimentos que se consumen crudos</i>
	<i>Abrevaderos de vida silvestre</i>
	<i>Acuicultura</i>
5.- REUSO CONSTRUCCION.	<i>Fabricación de concreto premezclado.</i>

FIG. 2.20 REUSOS DEL AGUA RENOVADA EN FUNCION DE SU INDICE DE CALIDAD.



Nº	REUSO DEL AGUA RESIDUAL TRATADA	TCAR
1	POTABLE.	1.84
2	FABRICACION DE CONCRETO PREMEZCLADO.	15.00
3	GENERACION DE VAPOR.	16.70
4	ENFRIAMIENTO.	17.20
5	ACUACULTURA.	25.40
6	PROCESOS INDUSTRIALES.	28.00
7	ABREBADEROS DE VIDA SILVESTRE.	27.00
8	ALIMENTOS QUE SE CONSUMEN CRUDOS.	28.32
9	RIEGO URBANO.	36.00
10	FORRAJES, ALIMENTOS QUE SE CONSUMEN COCIDOS.	36.50
11	USO RECREATIVO SIN CONTACTO DIRECTO.	37.00
12	NO RECOMENDABLE.	38.00

2.8 EFECTOS A LA SALUD PUBLICA POR CAUSA DE AGUAS RESIDUALES.

Una de las consideraciones prioritarias en cualquier proyecto de reuso de agua residual tratada debe ser la de prevenir la diseminación de enfermedades de origen hídrico por el uso de dichas aguas.

Para reusos no potables de aguas tratadas la protección de la población puede lograrse mediante la combinación de 2 acciones siguientes:

a) Reduciendo el riesgo de exposición del público al agua tratada para reuso.

b) Reduciendo la concentración de bacterias patógenas, virus entéricos y cualquier otro factor FQB, en el agua para reuso que pueda incidir en la salud de la población. La posible presencia de compuestos orgánicos sintéticos, cuyos efectos a largo plazo sobre la salud son aún objeto de diversas investigaciones, y merecen cuidado especial.

Resulta que estas 2 acciones están íntimamente ligadas entre sí: por una parte es inevitable el contacto directo del público con las aguas de reuso, el efluente destinado para este fin deberá sujetarse a un nivel de tratamiento más estricto que cuando el riesgo de exposición es mínimo. El riesgo de exposición del público a aguas tratadas, ya sea por inhalación, ingestión o contacto por la piel puede considerarse debido a una o más de las siguientes causas.

a) Ingestión accidental de aguas tratadas.

b) Ingestión de agua potable que ha sido contaminada con agua

tratada.

c) Exposición frecuente o por períodos prolongados a aerosoles de riego por aspersión, o sitios cercanos a torres de enfriamiento que utilizan agua tratada.

d) Trabajar directamente con aguas tratadas.

e) Ingestión de alimentos crudos sin lavar, que hubieran sido regados con aguas tratadas.

f) Ingestión de alimentos de origen vegetal que hubieran sido regados con agua tratada con concentraciones excesivas de metales pesados u otros contaminantes (compuestos orgánicos tóxicos) y alimentos de origen animal que pudieran acumular compuestos tóxicos en la cadena alimenticia.

Es importante reconocer también como consideraciones de un programa de reuso de aguas tratadas la prevención de la degradación del ambiente y las molestias al público usuario o no del agua de reuso, sin embargo nunca deberá evitarse como objetivo el relativo a los aspectos de salud pública previamente mencionado. Los daños a la salud por aguas residuales en el Distrito Federal, fueron estudiados en 2 trabajos recientes: El primero en 2 fases (Evaluación de daños a la salud por el uso de aguas renovadas. Fase I en 1980 y Fase II en 1991 realizados por la DGCOR) sobre los efectos en la salud de la población de 11 núcleos urbanos en zonas cercanas a escurrimientos de aguas residuales a cielo abierto. Estas zonas se localizan en la vecindad de los ríos Hondo, San Javier, Verde, Mixcoac, San Angel Inn, en la vecindad del Gran Canal y del Canal de la calzada Xochimilco, todos ellos en las zonas limítrofes del D.F. y el estado de México. En la primera parte del estudio se realizaron levantamientos de campo sobre las condiciones ambientales (tipo de construcciones en la zona, condiciones ecológicas, servicios públicos, etc.) y socioeconómicas para 11 estratos de población de las 7 zonas de estudio, así como

encuestas del personal de servicios de salud de cada localidad. Servicios tales como centros de Salud, Hospitales, Farmacias, etc. En la segunda fase del proyecto se realizó un estudio de carácter socio-epidemiológico para estimar los efectos sobre salud de la población de las descargas de aguas residuales.

Se deben estructurar medidas que protejan tanto a los productos agrícolas y suelos, como el caso del Valle del Mezquital y Chalco como a los trabajadores y habitantes que se encuentran en contacto directo con las aguas, estas medidas son:

a) Aplicar el reglamento que sanciona los servicios de alcantarillado para evitar que se arrojen sustancias que signifiquen riegos como son: metales pesados y compuestos químicos orgánicos sintéticos.

b) Reglamentar el tipo de cultivo que pueden producirse de acuerdo con la calidad FQB del agua, lo anterior en base a lo expuesto en el inciso 2.7.

c) Estructurar políticas de riego a fin de preservar tanto la calidad de los cultivos antes de su cosecha como la fertilidad de los suelos.

d) Elaborar medidas de protección para no extraer aguas con fines potables en zonas donde se haya comprobado que el agua residual recarga el acuífero.

e) Cultivar y motivar a la población que vive cerca de los cauces de agua residual para que ellos mismos cuiden su medio ambiente, ya que estos cauces son focos de contaminación del agua, suelo y aire.

Dentro y en las proximidades del D.F. existen cauces que conducen aguas residuales a cielo abierto entre las más contaminados son los que se ven en Fotografía 2.13 y 2.14. En las cercanías de estos cauces existen asentamientos humanos sin la

infraestructura urbana que los proteja y sin los servicios de agua potable y drenaje indispensables. Al respecto se observó una estrecha relación entre las tasas de mortalidad en los habitantes de estos asentamientos y su distancia al cauce. Para esta evaluación se seleccionaron zonas que por su nivel de seguridad (NS) corresponden a la siguiente descripción.

NS-1.- La población tiene un máximo de probabilidad de hacer contacto con las aguas residuales, debido a que el cauce carece de protecciones y se presentan inundaciones en las zonas pobladas a sus márgenes durante cada temporada de lluvias. Fotografía 2.13.

NS-2.- Zonas con mayor protección que las anteriores, por lo tanto con menor probabilidad de contacto directo.

NS-3.- La población en estas zonas viven a más de 20 mts. de las márgenes de los cauces, los cuales tienen protección, están encausados y no contaminan zonas. Existen instalaciones de agua potable y drenaje, no presentes en las zonas anteriores.

Para el control se eligieron en cada NS conjuntos habitacionales localizados hasta 1.5 km. del eje del cauce y son:

NS-1 : Río Hondo, Río San Angel Inn.

NS-2 : Río Verde, Río Mixcoac, Río San Javier.

NS-3 : Gran Canal, Canal de la Calzada.

Estas zonas se observan en la Fig. 2.21.

La muestra fue 1208 familias (4952 habitantes). Las encuestas a estas incluyeron preguntas cerradas es decir, con alternativas de respuestas previstas, con el objetivo de recavar información acerca de las características demográficas de las familias y sus miembros, y en la Tabla 2.6. se da a conocer el número de casos de las diferentes enfermedades de origen hídrico.

En resumen, clasificando los resultados por grupos de edad se encontró que la población más afectada es la menor de 15 años de edad, seguida por la población de más 45 años de edad.

En el año de 1993, como continuación del estudio al inicio citado, se realizó una evaluación de daños a la salud entre el personal que labora en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad Universitaria. los resultados de dicho estudio indicaron los trabajadores de la planta de tratamiento no presentaban incidencias mayores de gasetéritis infecciosas que las de la población de control (oficinistas y empleados administrativos de la planta de tratamiento), para la parasitosis, paradójicamente las incidencias mayores fueron observadas entre los oficinistas de la planta de tratamiento, indicativo de que otros factores, en especial la ingestión de alimentos en la calle, puede tener una mayor influencia en la salud de la población investigada que el laborar en la planta de tratamiento de aguas residuales.



Fotografía 2.13. Zona de estudio de daños a la salud por aguas residuales a los habitantes del D.F. Río San Javier D.F.



Fotografía 2.14. Los cauces a cielo abierto de aguas residuales además de ocasionar enfermedades a los habitantes son un foco de contaminación de agua, aire y suelo, generado por basura, llantas, madera que se deposita y quema al lado del cauce. Río Tlalnepantla D.F.

FIG.2.21. LOCALIZACION DE AREAS URBANAS PARA EL ESTUDIO DE DAÑOS A LA SALUD POR AGUAS RESIDUALES

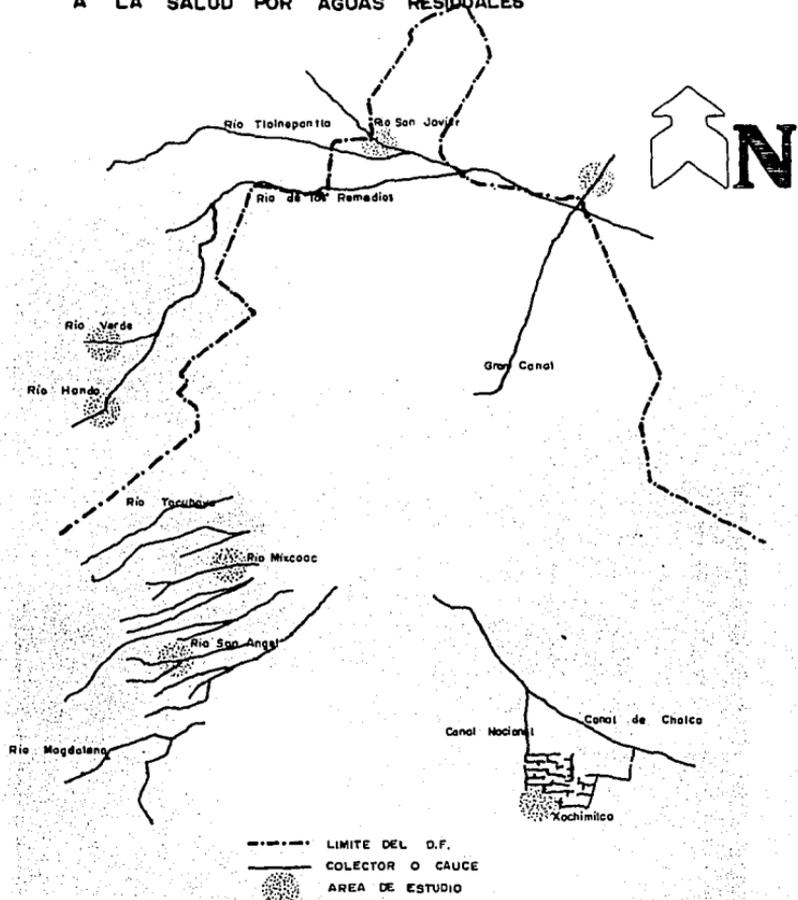


TABLA 2.6 RESULTADOS DE DAÑOS A LA SALUD POR AGUAS RESIDUALES
A LOS HABITANTES DE LAS ZONAS DE ESTUDIO DEL D . F .

COLECTOR O CAUSE	POBLACION TOTAL	P O R C E N T A J E					TOTAL
		DIARREA	VOMITO	AMIBIASIS	HELMINTOSIS	TIFOIDEA	
Río Hondo	2,063.00	28.70%	9.31%	7.42%	17.50%	0.63%	63.55%
Río San Angel Inn	493.00	27.18%	7.30%	8.72%	18.66%	1.01%	62.88%
Río San Javier	512.00	12.70%	5.86%	6.45%	7.23%	1.76%	33.98%
Río Mixcoac	274.00	9.49%	2.19%	8.03%	12.41%	0.36%	32.48%
Río Verde	892.00	38.23%	10.99%	6.28%	20.85%	0.22%	76.57%
Gran Canal	464.00	36.85%	13.36%	6.90%	4.96%	0.86%	62.93%
Canal de la Calzada	254.00	20.87%	6.30%	5.12%	7.48%	4.33%	44.09%

NOTA: Diarrea y vomito son sintomas de enfermedad

2.9 DISPOSICIONES LEGALES VIGENTES SOBRE AGUA RESIDUAL Y AGUA RESIDUAL TRATADA.

Este capítulo contiene un extracto de los aspectos relevantes de las leyes y reglamentos que por su esencia tendrían relación directa o indirecta con un programa de reuso de agua en el D.F. y que por lo tanto deben considerarse como fundamento legal del mismo, debiendo modificar o adicionar para dar cabida jurídica a los aspectos técnicos que el programa requiere.

Los reglamentos citados son:

- a) Reglamento de construcciones para el Distrito Federal. 1987.
- b) Reglamento del servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal. 1990.

Reglamento de construcciones para el Distrito Federal

Art.155.- En las edificaciones establecidas en la fracción II del artículo 53 de este reglamento, el Departamento exigirá la realización de estudios de factibilidad de tratamiento y reuso de aguas residuales, sujetándose a lo dispuesto con la Ley federal de Protección al ambiente y ordenamiento aplicables.

Art.53.- II.- a) Conjuntos habitacionales de más de 250 viviendas.

b) Oficinas de más de 20,000 m² y representaciones oficiales y embajadas.

c) Almacenamiento y abasto de más de 10,000 m³ en sus tipos de depósito de gas licuado y combustible, depósito de explosivos, centrales de abasto y rastros.

- d) Tiendas de autoservicio de departamentos de más de 20,000 m² y centros comerciales de más de 30 has.
- e) Hospitales de más de 75 camas.
- f) Las edificaciones de educación superior de más de 20,000 m².
- g) Instalaciones religiosas de más de 250 concurrentes.
- h) Edificaciones de entrenamiento de más de 250 concurrentes.
- i) Deportes y recreación de más de 20,000 m² de terreno, exceptuando canchas deportivas.
- j) Hoteles y Moteles de más de 200 cuartos.
- k) Instalaciones para la fuerza aérea, armada y el ejército, reclusorios y reformatorios.
- l) Cementerios, mausoleos y crematorios.
- m) Estacionamientos de más de 250 cajones.
- n) Terminales y estaciones de transporte de más de 20,000 m².
- ñ) Aeropuertos, Helipuertos e instalaciones conexas.
- o) Industrias de más de 20,000 m² de terreno.

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

Art. 1.- Las disposiciones del presente reglamento son de orden público e interés general y social, y tiene por objetivo regular los servicios de agua potable, tratamiento de aguas, drenaje y alcantarillado del Distrito Federal.

Art. 2.- La prestación de los servicios de agua potable, tratamiento de aguas y drenaje en el Distrito Federal, constituye un servicio público que estará a cargo del Departamento del Distrito Federal (DDF) de conformidad con la Ley Orgánica, su reglamento interior, las normas contenidas en el presente ordenamiento y las demás disposiciones jurídicas aplicables con la

salvedad de que señala el artículo 80 de este reglamento.

Art. 4.- Corresponde al Departamento.

I.- Construir, autorizar la construcción y supervisión de obras requeridas para nuestra ciudad para el adecuado y suficiente suministro de agua potable hacia la población, para el tratamiento y distribución del agua residual, la construcción de obras de drenaje y alcantarillado y de los sistemas de captación de agua pluvial, así también para mejorar las tecnologías vinculadas con el tratamiento de agua a fin de garantizar la más alta calidad.

II.- Operar, conservar, mantener, controlar y vigilar el funcionamiento de los sistemas de aprovisionamiento y distribución de agua potable, de agua residual tratada, de alcantarillado y drenaje, así como la distribución y uso de las aguas pluviales y de manantiales.

III.- Proyectar, ejecutar y supervisar las obras necesarias para controlar las inundaciones, así como los hundimientos y movimientos de suelos cuando estos sean de origen hidráulico.

V.- Aplicar las normas técnicas ecológicas que expiden las autoridades correspondientes para regular el agua potable.

VI.- Proteger el equilibrio ecológico, calidad del agua, sanidad de los depósitos naturales, manantiales, cauces de agua, presas y represas bajo el dominio del estado.

VII.- Aplicar las normas técnicas ecológicas que expiden las autoridades correspondientes, para regular las descargas de agua al sistema de alcantarillado y drenaje del Distrito Federal.

VIII.- Establecer y desarrollar la política de reutilización del agua en el Distrito Federal, en coordinación con la Comisión Nacional del Agua.

IX.- Implantar y operar sistemas de tratamiento de aguas residuales de conformidad de las Normas Técnicas Ecológicas aplicables.

X.- Promover y ejecutar programas específicos que apoyan el uso responsable y eficiente del agua en el Distrito Federal.

XIII.- Determinar e imponer las sanciones a que se hagan acreedores los usuarios por el desperdicio; mal uso del agua, de la infraestructura del agua potable, del agua residual tratada y su sistema, del alcantarillado y el drenaje, en los términos del presente reglamento.

Art. 5.- Todas las obras y acciones inherentes a la captación, conducción y distribución del agua en el Distrito Federal, se realizarán con sujeción a las disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

Art. 6.- El agua que disponga el Departamento deberá aprovecharse conforme al siguiente orden de prelación:

I.- Usos domésticos y unidades hospitalarias.

II.- Servicios públicos urbanos.

III.- Industria y comercio.

IV.- Agricultura.

V.- Acuicultura.

VI.- Abrevaderos de ganado.

VII.- Usos recreativos, y

VIII.- Otros.

Art. 7.- Cuando exista escasez de agua o se presente cualquier otra situación contingente que exija restricciones en su suministro, el Departamento limitará el servicio a la satisfacción de necesidades mínimas. En estos casos, las restricciones se harán siguiendo inverso al señalado en el artículo anterior, previa información a la población afectada.

Art. 57.- Con el fin de incrementar los niveles de los mantos

fredáticos el Departamento construirá en las zonas de reserva ecológica, parques y jardines del Distrito Federal, tinas ciegas, represas, ollas de agua, lagunas de infiltración, pozos de absorción y otras obras necesarias para la captación de aguas.

Art. 58.- El departamento construirá represas y otras obras que eviten el azolve de la red de drenaje por materiales arrastrados por el deslave de barrancas y cauces naturales.

Art. 59.- Quedan prohibidas las construcciones de cualquier tipo, ajenas al control y aprovechamiento de las aguas pluviales y de manantiales en sus lechos, barrancas y cauces naturales.

Art. 60.- El Departamento deberá rescatar, sanear, proteger y construir las instalaciones necesarias para aprovechar las aguas de los manantiales y las pluviales que circulan por barrancas y cauces naturales.

Art. 61.- Queda prohibido que los desechos sólidos ó líquidos producto de procesos industriales u otros se eliminen por la red de drenaje o sean vertidos en ríos, manantiales, arroyos, acueductos, corrientes o canales. En todo caso deberán ser tratadas y cumplir con la normatividad ecológica.

En las barrancas y cauces naturales de aguas pluviales o de manantiales cercanos a zonas habitacionales, el Departamento deberá construir ambos lados del cauce un sistema de drenaje para evitar se contaminen con aguas residuales.

Art. 62.- Serán materia de tratamiento, las aguas residuales de origen doméstico e industrial y las pluviales que transporten en suspensión materia orgánica o inorgánica, con el fin de incrementar

Y diversificar su aprovechamiento.

Art. 63.- Todas las obras y acciones a la captación y distribución de agua residual tratada en el Distrito Federal, se realizarán de acuerdo con los elementos, estructuras, equipo, procesos y controles que señale el departamento.

Art. 64.- El agua residual que suministre el departamento para su reuso o tratamiento proveniente de servicios públicos, comerciales, industriales y domésticos vertida al sistema de alcantarillado del Distrito Federal, deberá aprovecharse conforme al sistema al siguiente orden de prelación:

I.- Servicios públicos; para el riego de áreas verdes y el llenado de lagos recreativos.

II.- Abrevaderos y vida silvestre.

III.- Acuacultura.

IV.- Giros mercantiles.

V.- Riego de terrenos de cultivo de forrajes y pastura.

VI.- Riego de terrenos de productos agrícolas que se consumen crudos que no requieren preparación para su consumo. Esta agua deberá estar libre de contaminantes tóxicos y de organismos patógenos.

VII.- Recarga de acuíferos mediante pozos de inyección o estanques de infiltración, previo tratamiento de las normas de calidad de agua potable y especialmente que fije la autoridad competente en función del origen de las aguas residuales y del uso potencial del acuífero subterráneo.

VIII.- Riego de terrenos particulares y limpieza de patios.

IX.- Industrial, con fines de equipamiento y limpieza de áreas de servicio.

X.- Lavado de vehículos automotores, y

La tecnología utilizada en las plantas de tratamiento y de los criterios de calidad FQB del agua residual tratada se sujetaran a lo que dispongan las normas técnicas ecológicas y sanitarias o el dictamen que emita la autoridad competente.

Art. 65.- El usuario no podrá enajenar o comercializar en forma alguna el agua residual, la residual tratada que reciba del Departamento salvo el otorgamiento de la concesión correspondiente en los términos de este reglamento y de la Ley Orgánica del Departamento del Distrito Federal.

La violación a lo dispuesto en este precepto se sancionará en los términos de la Ley de Hacienda del DDF.

Art. 66.- La instalación de las tomas de agua residual tratada deberán solicitarse al departamento por:

I.- Los propietarios o poseedores de predios edificados o no edificados que tengan que utilizar agua residual o residual tratada del sistema de alcantarillado del Distrito Federal, para fines industriales, sanitarios, de riego superficial o por aspersion, para áreas verdes, patios de servicio, lavado de vehículos automotores e instalaciones diversas que por su naturaleza de sus actividades no requieren consumo de agua para uso doméstico o consumo humano, y

II.- Los propietarios o poseedores de terrenos agrícolas destinados al cultivo de forrajes, pastura, plantas de ornato y hortalizas, acuacultura y abrevaderos.

Art. 67.- En caso de uso no doméstico, cuando no exista servicio público de agua residual tratada, el Departamento considerará en su caso, la forma posible de abastecimiento por medio de carros tanque y se notificará a los interesados por medio

de avisos que se publiquen por 2 veces por intervalo de 20 días en la Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal y en un periódico de mayor circulación de la zona.

Art. 68. - Por la instalación o reconstrucción de tomas de agua residual tratada y su conexión a las redes de distribución del servicio público de agua tratada, se pagara el derecho de conexión conforme a los propuestos que se formulen por las autoridades.

Art. 69. - En lo referente a la instalación de tomas, solicitudes, inspecciones y sanciones del servicio público y agua residual tratada se estará en lo dispuesto en el título de Agua potable.

Art. 70. - Queda prohibida la derivación de la toma del servicio público de agua residual tratada sin la autorización respectiva. La violación a esta disposición será sancionada de conformidad con los ordenamientos aplicables.

Art. 71. - El Departamento por conducto de la Tesorería llevara un registro de las tomas de agua residual tratada, que contendrá los mismos datos que se requieren para el registro de tomas de agua potable, así como los datos de las fechas de reparación del medidor, pagos de conexión a las redes de distribución y los demás que en cada caso se requieran.

Art. 72. - Las instalaciones hidráulicas interiores para el uso y consumo de agua residual tratada y su conexión a la red de distribución deberán ser independientes al del servicio público de agua potable, por lo que no deberán tener conexión con tuberías para el abastecimiento de agua destinada al uso doméstico y al consumo humano, debiendo señalarse de manera adecuada.

Art. 73.- Los derechos por el servicio público de agua residual tratada se causaran a partir de la fecha en que se haya instalado la toma respectiva, se pagaran en los términos que fije el Departamento conforme a la cuota, tarifa o concepto establecida por la Ley de Hacienda del Distrito Federal.

Art. 74.- Las plantas de tratamiento de aguas residuales, deberán contar con un laboratorio para el control de la calidad FQB del agua tratada que se produzcan conforme a lo que establezcan las Normas técnicas ecológicas sanitarias aplicables.

Art. 75.- En el caso de que algún proceso industrial no requiera agua potable, los usuarios públicos o privados quedan obligados al aprovechamiento de las aguas residuales derivadas del proceso industrial. Para el efecto, instalaran equipos y dispositivos de recirculación o tratamiento de dichas aguas, se obligaran presentar semestralmente al Departamento, el reporte de usos y aprovechamiento de las mismas.

Art. 76.- Para la recarga de acuíferos deberán preferirse las aguas pluviales debidamente filtradas. Las aguas residuales tratadas que se usen para la recarga de acuíferos, deberán cumplir en todo momento con las Normas técnicas emitidas por la autoridad competente. Queda prohibida la descarga de aguas residuales o de contaminantes a que se refiere el artículo 62 a cualquier cuerpo de agua superficial o subterránea.

Art. 77.- El agua residual tratada producida en las plantas de tratamiento, libre de compuestos tóxicos y organismos patógenos que pongan en peligro la salud, podrá ser empleada por los establecimientos, giros mercantiles y la industria ubicados en el D.F. para los procesos de limpieza, transporte, enfriamiento,

generación de vapor, lavado de maquinarias, de unidades automotrices y riego de áreas verdes.

Art. 78.- Para producir y abastecer de agua residual tratada para uso directo, la persona física o moral de carácter público o privado, deberá contar con un estudio e informe de ingeniería para el reuso de la misma que será aprobado por el Departamento.

Art. 79.- Las plantas de tratamiento de agua residual deberán contar con las medidas de seguridad, que establezcan las normas técnicas ecológicas sanitarias o de dictamen que emita la autoridad competente.

Art. 80.- El Departamento podrá concesionar la operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua residual y pluvial captada por el sistema de alcantarillado del Distrito Federal.

Art. 81.- Podrán ser concesionarios del agua residual y de las plantas de tratamiento, las personas físicas o morales de nacionalidad mexicana que reúnan con los requisitos que marca el Departamento

Art. 82.- La concesión será de carácter personal y por ello intransferible, y se reglamentará su funcionamiento en los términos de la Ley Orgánica del Distrito Federal.

Art. 83.- La solicitud de concesión deberá presentarse al Departamento y contener:

I.- Nombre, nacionalidad y domicilio del solicitante.

II.- Ubicación y descripción general del proyecto de reuso que incluya la clase de agua que pretenda renovarse, volúmenes requeridos y su variación estacional, diaria y horaria, sitio

seleccionado para la construcción de la planta de tratamiento y descripción de las fuentes de abastecimiento.

III.- Punto de descarga, acompañando plano o croquis de localización de los terrenos.

IV.- estudio de ingeniería que contenga las características FQB del agua residual y descripción general de los dispositivos y plantas de tratamiento en su caso, y

V.- Estudio de la situación financiera del solicitante que compruebe su capacidad para la realización del proyecto.

Art. 84.- Todo usuario deberá solicitar o permitir la instalación de aparatos medidores en lugar visible a efecto de que el Departamento realice la verificación del consumo de agua potable, agua residual tratada en su caso o de pozos propios en los términos de la Ley de Hacienda del D.D.F.

CAPITULO No 3

" TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO FEDERAL "

3.1. TECNOLOGIAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Las tecnologías empleadas por el DDF para el tratamiento de aguas residuales y aprovecharlas posteriormente en el riego de áreas verdes, llenado de lagos recreativos, lavado de vehículos e industrial, respondían favorablemente a la calidad FQB de las aguas residuales a tratar, así como las exigencias de calidad de las aguas renovadas. A partir de los años 50s, el desarrollo industrial originó que el sistema de drenaje captara nuevos desechos, lo cual modificó la mezcla de aguas residuales domésticas, industriales y pluviales susceptible de ser tratada y reutilizada. Esto último ha llevado a la necesidad de identificar, seleccionar y adaptar tecnologías que permitan seguir aprovechando las aguas residuales a costos que compitan favorablemente con los del agua potable.

En este capítulo se analizan las tendencias de desarrollo que ha tenido la tecnología usada en el Distrito Federal para el tratamiento de las aguas residuales, y las posibilidades de adopción y adaptación más atractivas tomando en cuenta la realidad nacional.

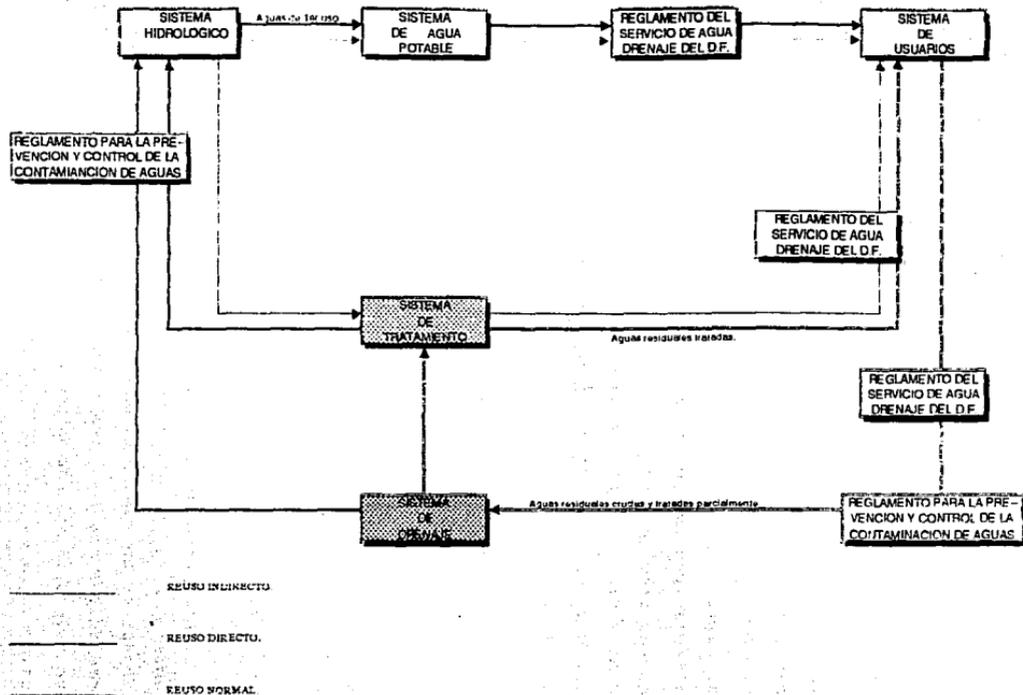
Con el fin de identificar el tipo de tecnología que se ha empleado y que se requerirá en el futuro para tratar las aguas residuales, se ha planteado el marco conceptual que se muestra en

Fig. 3.1. en la que se pueden reconocer las distintas fuentes de aguas, las alternativas para su manejo y utilización y las restricciones (reglamentos) que habrán de satisfacerse de acuerdo con el uso a que se destinen.

El reuso indirecto ocurre cuando las aguas naturales contaminadas por descargas de aguas residuales se utilizan después de un tratamiento. Hasta ciertos niveles, el sistema hidrológico puede purificar la mezcla de agua resultante; pero si estos límites se realizan, es necesario tratar las aguas antes de utilizarlas nuevamente. En el Distrito Federal no ha sido necesario recurrir al reuso indirecto por que el acuífero no está contaminado; pero por otro lado la potabilización podría requerirse si continúa la degradación en la calidad del agua ocasionada por la sobreexplotación de los acuíferos y la contaminación del suelo.

La tecnología aplicada para el tratamiento de las aguas residuales ha respondido a 2 enfoques diferentes: tratar para prevenir y controlar la contaminación, y tratar para reusar las aguas. En algunos casos, los requerimientos que establece el reglamento para prevenir y controlar la contaminación de aguas (publicado desde 1973) obligan a tratamientos que producen efluentes de calidad FQB aceptable, principalmente para ciertos usos industriales. En cambio, los requisitos de calidad para reusar las aguas son más estrictos, dependiendo de la actividad usuaria a que se destinen, lo que implica un desarrollo tecnológico que permitirá remover los contaminantes tanto domésticos como industriales. Esto se logra con mejores resultados si los contaminantes de origen industrial se remueven en su origen, de acuerdo con lo que dicta el reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal, en el artículo 75.

FIGURA 3.1. APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.



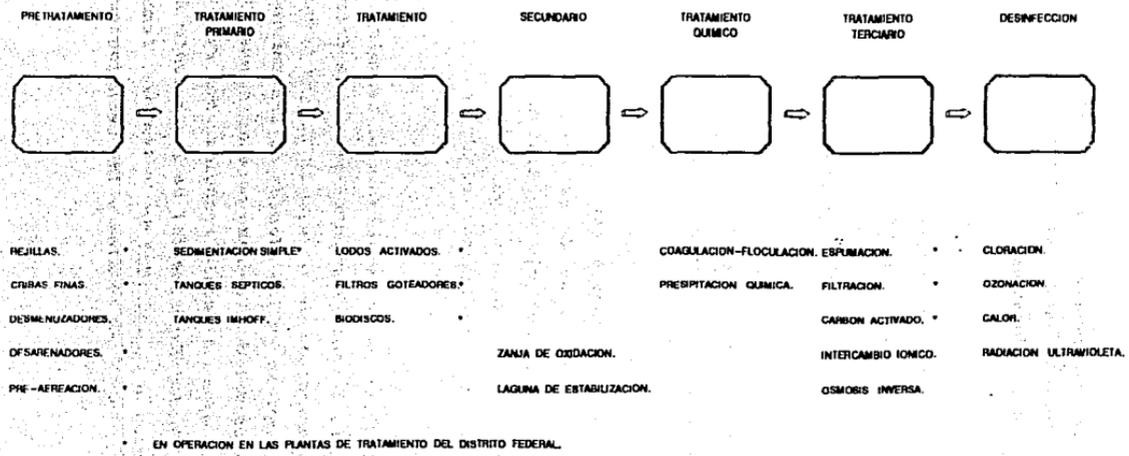
Para identificar la tecnología de tratamiento que debe desarrollarse fue necesario comparar la calidad FQB de las aguas que conduce el sistema de drenaje, con los criterios de calidad que sancionan a las aguas renovadas, dependiendo el uso que se les desee dar, se describen además los monitoreos realizados que determinaron la calidad de las aguas residuales, como se demuestra en el capítulo 2.5. considerando las variaciones que han tenido las características de las aguas residuales, fue necesario hacer más eficientes los sistemas de las plantas de tratamiento. Con objeto de tener una base para diseñar sistemas de tratamiento alternativos, se investigó la capacidad de remoción que tienen las operaciones y procesos unitarios en cada uno de los grupos contaminantes. por ejemplo para remover más del 50% de metales pesados, es necesario utilizar tratamiento terciario y tratamiento químico.

En la práctica común, cada operación y proceso unitario se asocia con un nivel de tratamiento según su capacidad para remover contaminantes. El tratamiento preliminar permite únicamente remover sólidos gruesos, grasas y aceites; en cambio el tratamiento terciario o avanzado es eficaz en la remoción de prácticamente todos los contaminantes.

Evaluación de la tecnología existente.

Los procesos de tratamiento que a partir de la década de los años 80s se han experimentado, estudiado y evaluado con el objetivo de aguas renovadas utilizables a partir de aguas residuales con las características FQB que tienen las del D.F. Las tecnologías correspondientes resultan atractivas, dependiendo de diversos aspectos económicos y de las restricciones funcionales que tendría su implantación en el medio nacional.

FIG. 3.2 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.



La mayoría de los procesos de tratamiento tienen escasas restricciones en relación con la existencia de equipos y materiales en el mercado nacional, además del conocimiento suficiente para su diseño y puesta en marcha.

En cuanto a la capacidad de tratamiento es importante tomar en cuenta la carga y el caudal de material contaminante que puede manejar cada proceso. La carga se refiere al número y variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos y de contaminantes biológicos; el caudal se refiere al volumen de agua residual sujeto a tratamiento. Dado que se requiere flexibilidad en la operación de las plantas de tratamiento, también es importante definir la sensibilidad de cada proceso a cambios momentáneos de carga como de caudal.

Además de las tecnologías estudiadas, será necesario dar especial atención al problema de manejo y disposición de los subproductos generados durante el tratamiento de las aguas residuales, en particular conviene desarrollar las que permitan que los lodos no lleguen a contaminar el drenaje o el subsuelo o cualquier otro cuerpo receptor.

En lo que respecta a la evaluación de tecnologías, la Unidad Experimental de Tratamiento Avanzado Cerro de la Estrella, se creó con el objetivo principal de incorporar nuevas tecnologías a los procesos que se emplean en las Plantas de Tratamiento para que se efectúe sobre bases sólidas, se hizo necesario tener la experiencia práctica, por lo menos a escala reducida. Por ello se diseñó la Planta Piloto ó Unidad Experimental de Tratamiento Avanzado Cerro de la Estrella, con una capacidad de 10 lts/seg. tomando en cuenta la calidad de las aguas residuales y las tecnologías que conviene desarrollar.

El objetivo principal de esta planta es conocer la posibilidad de producir agua con calidad FQB similar a la potable y determinar a la vez si la tecnología disponible en México permite producir tanto el equipo necesario para efectuar los diferentes procesos unitarios, como el instrumental para el control hidráulico y analítico del proceso. Algunos objetivos particulares que se pretenden alcanzar durante el desarrollo de los trabajos son: capacitación del personal encargado, mantenimiento y administración de la planta; estructuración de pruebas toxicológicas en animales; determinación de criterios para el diseño y operación de sistemas de tratamiento a gran escala (San Luis Tlaxiátemalco); evaluación de alternativas para usar las aguas renovadas que no alcancen la calidad FQB similar a la potable, y conocer y orientar a la opinión pública sobre el uso de aguas renovadas. Entre los principales factores que influyen en la captura de información sobre las propiedades FQB de las aguas, destacan las técnicas analíticas disponibles en el equipo e instrumental de laboratorio y los recursos humanos y económicos, todos y cada uno de ellos están interrelacionados y dependen uno del otro.

Los equipos e instrumentos para el análisis FQB de las aguas que existen en México son de gran diversidad de marcas, tipo y especificaciones tanto nacionales como extranjeros. De una investigación de campo se concluye que en el país no se fabrican comercialmente cerca del 50% de equipos e instrumentos. Las principales razones por las que no se elaboran estos aparatos son el mercado nacional reducido, atraso tecnológico y competencia desigual en cuanto a tecnología y prestigio, con las marcas transnacionales. Por lo anterior, se tiene que acudir a instrumentos y equipos extranjeros, pero existen relativamente pocos representantes acreditados y gran cantidad de distribuidores, por lo que lleva a una deficiencia en los servicios de mantenimiento y

asistencia técnica. Conviene por tales motivos, desarrollar políticas que alienten a los prestadores de servicio a instalar en México sucursales de ensamble y reparación debidamente acreditadas ya que se espera una creciente demanda de estos equipos en lo que resta del presente siglo.

Respecto a los recursos humanos requeridos para poner en práctica las tecnologías del laboratorio y la interpretación de resultados, se conoce que el profesional destinado a estas funciones proviene de las disciplinas químico-biológicas. La ausencia de un mercado atractivo, los programas de estudio poco coherentes con la realidad y la escasa capacitación, provocan que el índice de deserción en estas carreras sea grande, lo anterior ha afectado la investigación de estas áreas, ya que no existe el suficiente número de investigadores debidamente capacitados que generen los avances científicos y tecnológicos necesarios en este campo, los profesionales y prácticos que trabajan en el área químico-analítica, pero no en el análisis de aguas residuales, deberán capacitarse para que puedan con puestos de analistas especializados y técnicos auxiliares.

Con respecto al personal no técnico que trabaja en las plantas de tratamiento, en 1982 se hizo un estudio el cual genero los siguientes resultados:

El número total de trabajadores de todas las plantas de tratamiento son: 132, que equivale al 65% del total requerido para hacer que los sistemas funcionen 10 meses al año y las 24 horas del día. Del personal asignado, el 27% resulto ser mayor de 40 años, el 20% carece de instrucción escolar básica y el 100% no ha recibido la capacitación adecuada que le permita cumplir satisfactoriamente sus funciones. El sistema escalafonario para la promoción económica y de puestos es obsoleto, ya que se basa principalmente en la

antigüedad del individuo en el puesto, y no considera aptitud, desarrollo e interés, entre sus factores para fines de ascenso, lo que provoca los siguientes problemas:

a) Ausentismo, que obliga a pagar horas extras de trabajo, repercutiendo en los costos de producción.

b) Bajos salarios, creando en el personal, la necesidad de buscar otras fuentes de ingresos y, en consecuencia, problemas para estructurar las brigadas de operación en lugares y horarios convenientes.

c) En general, falta de interés por el trabajo que desempeñan, lo que provoca fallas operativas e impide la reestructuración de actividades necesarias para el aprovechamiento integral del sistema.

Estos problemas de 12 años antes, ya se han superado pero no totalmente, y esto se refleja en la eficiencia de las plantas de tratamiento que es de alrededor del 60%.

Todo lo anterior señala la factibilidad de implantar los programas respectivos para el control de calidad FQB de las aguas, lo que permitirá certificar dicha calidad de acuerdo con el uso al que se destinen las aguas.

Resumiendo se puede afirmar que apartir del conocimiento de las características FQB de las aguas residuales del D.F., del conocimiento de la tecnología internacional y de la realidad nacional se ha podido determinar cual es la tecnología para el tratamiento de las aguas a la que conviene dedicar mayor atención y evaluar a través de la planta piloto o Unidad Experimental de Tratamiento Avanzado. La tecnología de medición y monitoreo analítico es incipiente en su desarrollo, por lo que conviene seleccionar aquellas técnicas que permitan el uso del equipo no muy

sofisticado y con perspectivas de producirse en el país.

Tipos de tratamiento de las aguas residuales.

Se entiende por tratamiento de las aguas a la serie de operaciones y procesos unitarios a que se sujetan las aguas según sea su origen, para impartirles determinada calidad de acuerdo al uso que se les vaya a dar.

En el caso de las aguas naturales con fines de consumo doméstico el proceso de tratamiento se le llama potabilización y en el caso de las aguas residuales ya sea de origen industrial o doméstico, los procesos a los que se somete el agua se denominan tratamiento de las aguas residuales.

El tratamiento que se aplica en casi la totalidad de las plantas de tratamiento operadas por la DGCQH es de tipo biológico y se le denomina convencional de lodos activados. Por medio del mencionado tratamiento se logra la estabilización de la materia orgánica contenida en el agua por medio de biodegradación aerobia (en presencia de aire) la cual la realizan microorganismos llamados bacterias, las que a su vez se encuentran o viven en los lodos activados el cual se describe posteriormente como un proceso unitario.

El propósito de tratamiento de las aguas residuales, previo a su disposición, consiste en separar de ellas la cantidad suficiente de sólidos que permita que los que queden al ser descargados a las aguas receptoras o al suelo no interfieran con el mejor o más adecuado empleo de las aguas receptoras o cuerpo receptor para asimilar la carga a que se agregue. Los sólidos que se eliminan son principalmente orgánicos, pero se incluyen también sólidos inorgánicos. Como el mejor empleo de las aguas receptoras puede

variar desde ser una agua para beber o para fines culinarios, la cantidad o grado de tratamiento que se les de a las aguas residuales o a los desechos debe variar de acuerdo con ello. Debe procurarse un tratamiento para los sólidos y líquidos que se eliminan como lodos, y puede también necesitarse un tratamiento para controlar los olores, para retardar las actividades biológicas o destruir los organismos patógenos.

A pesar de que son demasiados los procesos unitarios de tratamiento y que se pueden hacer con ellos infinidad de cambios o acopiarlos a sistemas de tratamiento que son únicamente un conjunto de procesos unitarios de tratamiento.

Las aguas de desecho que normalmente se tratan en las plantas de tratamiento operadas por la DSGCOH, y su composición de origen doméstico y comercial y en casi todos los casos la influencia industrial es alta, para los cuales usualmente se les dan los siguientes tipos de tratamiento, según se requiera.

- 1.- Pretratamiento o tratamiento preliminar.
- 2.- Tratamiento primario.
- 3.- Tratamiento secundario.
- 4.- Tratamiento terciario.
- 5.- Tratamiento químico.
- 6.- Desinfección o cloración.
- 7.- Tratamiento y disposición de lodos.

Nota: 4, 5 y 7 no todas las plantas los tienen.

Lo anterior debido a que el sistema de drenaje del D.F. es de tipo combinado (se conduce por los mismos ductos las aguas residuales domésticas, industriales y pluviales) en las plantas de tratamiento que opera la DSGCOH se recibe agua residual de calidad muy diversa. Capítulo 2.5.

3.2 PRETRATAMIENTO O TRATAMIENTO PRELIMINAR.

En las plantas de tratamiento, el tratamiento preliminar o pretratamiento tiene como fin proteger el equipo de bombeo y hacer más fácil los procesos subsecuentes.

El objeto del pretratamiento consiste en separar de las aguas residuales aquellos constituyentes que pudieran obstruir, dañar las bombas o interferir con los procesos subsecuentes del tratamiento, por lo tanto los dispositivos para el tratamiento preliminar se utilizan para:

a) Separar o disminuir el tamaño de los sólidos orgánicos grandes que flotan o están suspendidos. Estos sólidos consisten generalmente en trozos de madera, telas, papel, basura, junto con material fecal.

b) Separar los sólidos inorgánicos pesados como la arena, la grasa o incluso objetos metálicos.

c) Separar cantidades excesivas de aceite o grasa.

Para alcanzar los objetivos de un tratamiento preliminar se emplea comúnmente lo siguiente:

1. - Rejillas.
2. - Cribas finas.
3. - Desmenuzadores.
4. - Desarenadores.
5. - Tanques de preaeración.

Rejillas.

Las rejillas se componen de barras verticales o inclinadas de sección circular o trapezoidal, espaciadas a intervalos iguales (usualmente entre 2 a 15 cm) y colocadas transversalmente a la

dirección del escurrimiento. Se usan procediendo a estaciones de bombeo, desarenadores y tanques de sedimentación primaria. Las aberturas comunes de las rejillas, de acuerdo al equipo que las procede son con una abertura máxima de 25 mm.

Aunque algunas veces se usan las rejillas grandes en posición vertical, la regla general es que deben instalarse con una inclinación de 45° a 60° con respecto a la vertical. Se limpian manualmente o por medio de rastrillas automáticas. Se recomiendan que las rejillas que se limpian a mano, salvo las que se limpian automáticamente, se instalen dando una inclinación de 30° a 45° respecto a la vertical.

Cribas finas.

Consisten de placas de metal perforado como discos o tambores rotatorios o placas metálicas encadenadas en bandas sinfín. En la mayor parte de ella el material retenido se limpia con cepillos y chorros de agua a presión o con aire comprimido.

Estas cribas pueden usarse en lugar de una sedimentación donde no hay suficiente espacio para los tanques y donde se desee remover solo una pequeña parte de la materia suspendida. La disposición del material recolectado puede tratarse y disponerse posteriormente.

Desmenzadores.

Un desmenzador es una criba o rejilla que tiene un mecanismo que corta el material sin removerlo del escurrimiento de aguas residuales. Los molinos, cortadores y trituradores, son dispositivos que sirven para romper o cortar los sólidos hasta un tamaño tal que permita que sean integrados a las aguas residuales sin peligro de obstruir las bombas o las tuberías, o afectar los sistemas de tratamiento posteriores. Pueden disponerse aparte para triturar los sólidos que separan las cribas, o pueden ser

combinaciones de cribas o cortadores que se instalen dentro del canal por donde fluyen las aguas residuales. En la mayoría de los casos, son de hojas dentadas o afiladas, fijas o móviles, que actúan de continuo para reducir los sólidos a un tamaño tal que puedan pasar a través de cribas o rejillas que tienen aberturas más pequeñas.

Desarenadores.

Las aguas residuales contienen por lo general, cantidades relativamente grandes de sólidos inorgánicos como arena, ceniza y grava, a los que comúnmente se les llama arena. La cantidad es muy variable y depende de varios factores: principalmente de si el alcantarillado es de tipo separado o sanitario, o del tipo combinado. Las arenas pueden dañar a las bombas por abrasión y causar serias dificultades operativas en los tanques de sedimentación y en la digestión de los lodos, por acumularse alrededor de las salidas causando obstrucciones, por esta razón es práctica común eliminar este material por medio de los tanques desarenadores cuyas finalidades son:

a) Regular la velocidad de arrastre para que se depositen las partículas mayores de 2 mm de diámetro de un determinado tiempo de retención, se le llama velocidad de arrastre a la velocidad del paso del flujo a través del desarenador para que la partícula sedimente.

b) Reducir las obstrucciones en los cambios de dirección de las tuberías.

c) Disminuir la frecuencia del desalojamiento de lodos de los sedimentadores.

Los tanques desarenadores se localizan antes de las bombas o de los desmenuzadores y, si su limpieza se lleva a cabo mecánicamente como se describe a continuación, deben ser precedidas

por cribas de barras y rastrillos gruesos. Los desarenadores se diseñan generalmente en forma de grandes canales en los cuales la velocidad de flujo disminuye lo suficiente para que se depositen los sólidos inorgánicos pesados, manteniéndose en suspensión el material orgánico. Los desarenadores de canal deben diseñarse de manera que la velocidad se pueda controlar para que se acerque lo más posible a 30 cm/seg. (Anexo I)

El tiempo de retención debe basarse en el tamaño de las partículas que deben separarse y generalmente varía de 45 seg. a 90 seg. Este último se logra instalando varios desarenadores en paralelo para que el flujo se ajuste en ellos mediante vertederos proporcionales colocados al fin de cada canal o mediante otros dispositivos que permitan regular la velocidad del flujo. Los desarenadores se diseñan para ser limpiados a mano o mecánicamente.

También son aceptables los desarenadores que no sean de canal siempre que estén previstos de controles adecuados y adaptables para agitar y/o que tengan dispositivos para el suministro de aire, además de equipo para eliminar las arenas.

La cantidad de arena depende del tipo de sistema de alcantarillado tributario, del estado de sus líneas y de sus factores.

Las aguas residuales estrictamente domésticas que se colectan en alcantarillas bien construidas contendrán muy poca arena, mientras que las aguas residuales combinadas arrastran grandes volúmenes de arena alcanzando su máximo en épocas de fuertes temporales. Por regla general puede esperarse un volumen de arena de 7 lts. a 30 lts. por cada 1000 m³ de agua. Un marcado olor de las arenas significa que se está depositando demasiada materia orgánica en el desarenador. El material retenido en las rejillas o cribas se descompone rápidamente produciendo olores desagradables.

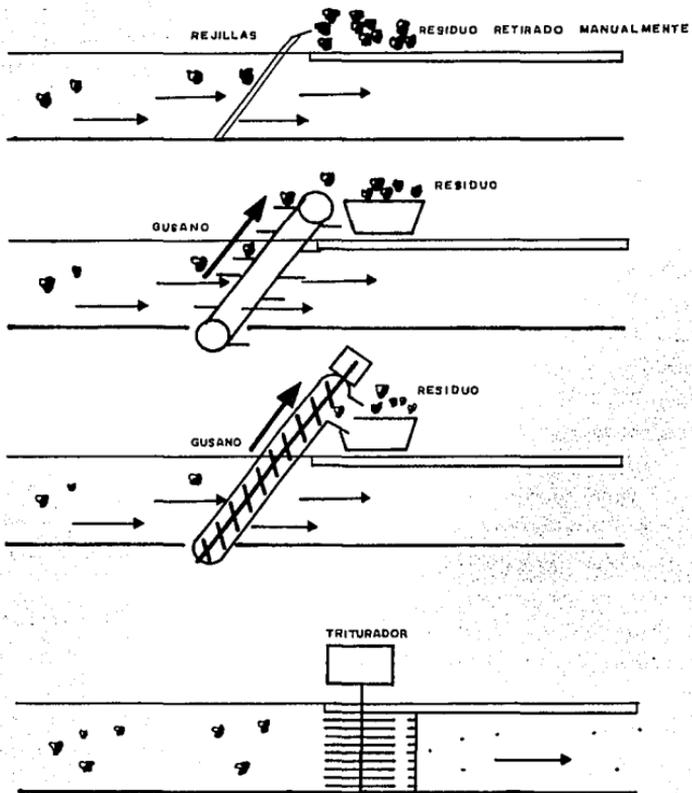
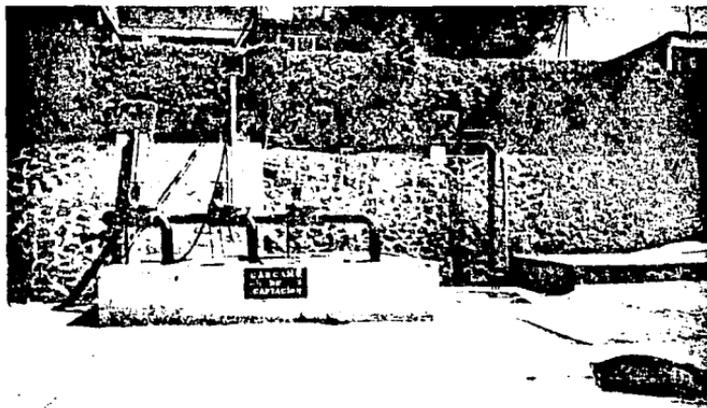


FIG. 3.3. REJILLAS Y TRITURADORES (DESMENUZADORES).



Fotografía 3.1 Aguas residuales que reciben el tratamiento preliminar a base de rejillas que eliminan basura, telas, grava, madera, etc. Planta de Tratamiento Ciudad Universitaria, D.F.



Fotografía 3.2 Con el cargame de captacion se pretende almacenar el influente excedente y comenzar a tratar un volumen constante de agua residual. Planta de Tratamiento Ciudad Universitaria, D.F.

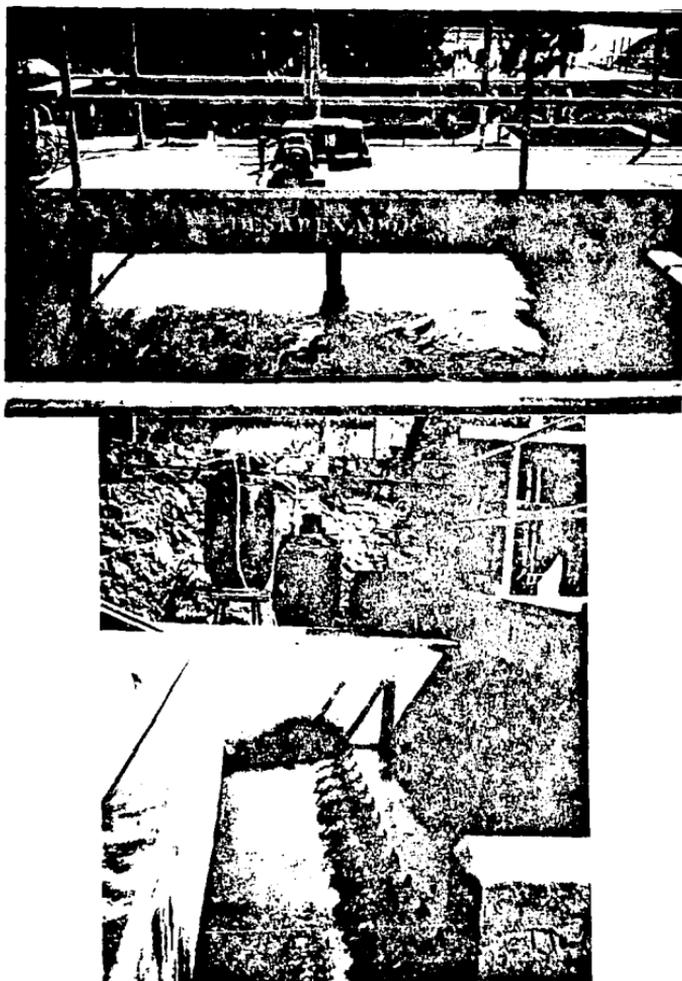
Este material debe colectarse en botes cubiertos, junto a las cribas y retirarse diariamente. Las arenas que contengan demasiado materia orgánica, pueden enterrarse para impedir las molestias de olor.

Tanques de preaeración.

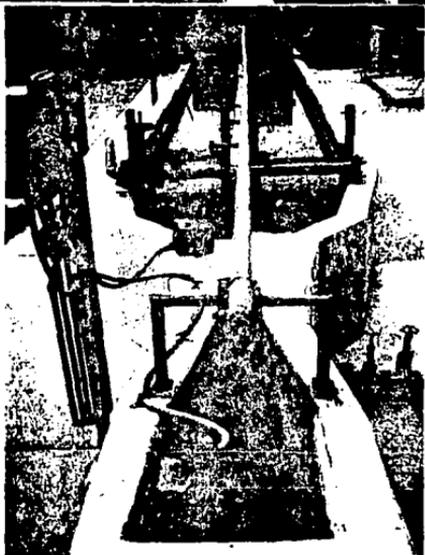
En ocasiones se procura una preaeración, es decir, una aereación antes del tratamiento primario, para lograr lo siguiente:

- a) Obtener una mayor eliminación de sólidos suspendidos, en los tanques de sedimentación.
- b) Ayudar a la eliminación de grasas y aceites que arrastran las aguas residuales.
- c) Oxigenar las aguas residuales sépticas antes de llevar a cabo el tratamiento.
- d) Disminuir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La preaeración se logra introduciendo aire en las aguas residuales durante un periodo de 20 min. a 30 min. a la velocidad que se determine. Puede lograrse una buena aereación haciendo bajar el agua por canales escalonados, por cambios de dirección bruscos y con pendiente pronunciada, y por último forzando el paso del aire através del agua. La agitación de las aguas residuales en presencia de aire, tiende a aglomerar o flocular los sólidos suspendidos más ligeros formándose masas más pesadas que se asientan más rápidamente en los tanques de sedimentación. También incluye a la separación de la grasa o el aceite de las aguas residuales y sus sólidos llevándolos a la superficie. Por la adición de aire, se restauran también las condiciones aeróbicas de las aguas residuales sépticas, favoreciendo el tratamiento subsecuente.



Fotografías 3.3 (arriba) y 3.4 (abajo): Frente y perfil de un tanque desarenador que elimina cenizas, arena, sólidos que pasan las rejas y que en este son eliminados para no afectar el sistema de bombeo y procesos subsiguientes. Planta de Tratamiento Ciudad Universitaria, D.F.



Fotografía 3.5 (arriba) y 3.6 (abajo) Tipos de canales Parshall que son utilizados para medir el caudal de aguas residuales, este dato es muy importante conocer ya que de sus variaciones depende la eficiencia del tratamiento. (arriba) Planta de Tratamiento Ciudad Universitaria, (abajo) Planta de Tratamiento San Luis Tlaxistemoalco, D.F.

3.3 TRATAMIENTO PRIMARIO

Por este tratamiento se separan o eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos de las aguas residuales, o sea del 40% al 60% mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. Los sólidos sedimentables son la porción de sólidos suspendidos cuyo tamaño y peso es suficiente para que se sedimenten en un periodo determinado, en su mayoría son sustancias inorgánicas y en este tratamiento se logra el 100% de su remoción.

El tratamiento primario se emplea como paso previo a un tratamiento biológico, tiene como función disminuir la carga en las unidades de tratamiento biológico y además de que eliminan de un 25% a un 40% la DBO. La actividad biológica en este proceso es escasa.

Debe aclararse que el propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas residuales para que puedan sedimentarse los sólidos. Por consiguiente a estos dispositivos se les puede distinguir con el nombre de tanques de sedimentación. A pesar de la diversidad de diseño los que se utilizan comúnmente en las plantas de tratamiento de aguas residuales de la DGCOR son los tanques de sedimentación simple con eliminación mecánica de lodos.

Tanques de sedimentación simple.

Son tanques cuya función principal consiste en separar los sólidos sedimentables de las aguas residuales mediante el proceso

de sedimentación. Los sólidos asentados se sustraen continuamente o a intervalos frecuentemente por medio de purgas o desalojo de las unidades de tratamiento para no dar tiempo a que se desarrolle la descomposición con formación de gases. De ahí pasan los sólidos a otras unidades de tratamiento. Los sólidos pueden irse acumulando por gravedad, en una tolva o embudo o hacia un punto más bajo del fondo del tanque de donde se bombea o descarga por la acción de la presión hidrostática. no obstante este método ha sido reemplazado por el uso de equipo mecánico para recolectar los sólidos en la tolva o embudo. estos tanques pueden ser circulares, rectangulares o cuadrados, pero todos operan con el mismo principio de recolectar los sólidos sedimentados por medio de rastras de movimiento lento que los empujan hacia el sitio de descarga. En los tanques rectangulares las rastras se hacen pasar lentamente rozando el fondo del tanque, empujando los lodos o sólidos sedimentados hacia una tolva de lodos localizada en el extremo de entrada del tanque. Las grasas y los aceites se depositan en un recolector de natas situado en un extremo de la salida del tanque.

Otro tipo de mecanismo consiste en un puente viajero del mismo ancho del tanque, del cual se suspende una paleta que empuja a los sólidos hacia un punto de descarga y otra paleta despumadora para los sólidos flotantes como grasas y aceites.

Los tanques circulares tienen armaduras horizontales fijas a un eje central impulsado por un motor. El fondo de los tanques esta inclinado hacia el centro y las rastras mueven a los sólidos sedimentados hacia la tolva de los lodos que hay en el centro. Las armaduras desnatadoras están sujetas a la flecha central de la superficie para recolectar los sólidos flotantes como grasas y aceites.

En los tanques rectangulares, las aguas residuales entran por un extremo y fluyen horizontalmente hacia el otro extremo. En los tanques circulares entran las aguas residuales en el centro y fluyen radialmente, en sentido horizontal generalmente hacia la periferia. En los tanques cuadrados pueden entrar las aguas residuales en el centro y fluir hacia los cuatro lados o entrar por un lado y atravesar el tanque.

Entradas.

Las entradas pueden diseñarse para dispersar la corriente de alimentación para que se difunda homogéneamente el flujo por todo el tanque. Las entradas pueden ser similares a vertederos pero lo que más se usa es un canal de compuertas espaciadas.

Deflectores.

Estos se encuentran generalmente a la entrada y a la salida del tanque sirviendo, en primero para ayudar a difundir el flujo, y el último, para detener el material que flota en el efluente, los tanques con limpieza mecánica tienen generalmente un colector de espumas que presta el mismo servicio que el deflector de la salida y al cual es llevada la nata o espuma por medio del desnatador.

Vertederos de salida.

Su diseño es sumamente variado, los hay para hacer que las aguas residuales sedimentadas salgan en forma de una película delgada por la superficie del tanque y generalmente son ajustables. Es importante que estén nivelados para que la descarga o salida sea uniforme en su cresta. El término carga del vertedero, se usan para expresar los metros cúbicos que pasan diariamente sobre un metro de vertedero.

Carga superficial de sedimentación.

Esta se expresa en términos de volumen por metro cuadrado de superficie del tanque, basado en el gasto diario de aguas residuales en los tanques primarios. La carga superficial es un factor importante por que afecta directamente al porcentaje de eliminación de sólidos sedimentables y la DBO.

Periodo de retención.

Es el tiempo de horas que se retienen las aguas residuales en el tanque, basándose en el gasto y el volumen del tanque suspendido un desplazamiento total uniforme a través del comportamiento de sedimentación. Durante cierta época fue este factor comúnmente usado en su diseño. En la actualidad este factor se ha reemplazado por la carga de vertederos y la carga superficial de sedimentación. Basándose en el gasto de diseño, los periodos de retención deben de ser de 2 horas cuando menos.

Dimensiones globales.

Según las normas aceptadas más reciente, la longitud mínima es de 3.0 mts. y la profundidad del líquido no debe ser menor de 2.10 mts. (en tanques con limpieza mecánica). Las dimensiones del tanque quedan determinadas por la cantidad de aguas residuales que se requiere tratar, por la planeación general de la planta de tratamiento, carga superficial y tipo de equipo. Los equipos más recientes indican que es ventajoso que los tanques no sean demasiado profundos.

Eficiencia de los tanques de sedimentación simple.

Deben eliminarse cerca del 90% al 95% de los sólidos sedimentables, o sea un 40% al 60% de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales. La misma DBO debe disminuir en un 25% al 35%. Desde luego que estas cifras son de carácter general y no pueden aplicarse a casos especiales. Las aguas residuales cuyo

contenido en sólidos sea alto, pueden presentar un mayor porcentaje de eliminación por sedimentación, que otras aguas residuales con un bajo contenido de sólidos suspendidos, pero siempre será mayor el contenido de sólidos suspendidos en el efluente del primer caso. Debe esperarse un mayor porcentaje de eliminación en un tanque en el cual se traten aguas residuales frescas, que en otro en el que se traten las mismas aguas residuales después de que se hayan vuelto sépticas, debido a que los sólidos de las aguas residuales sépticas ya han sido descompuestos o desintegrados por la acción bacteriana durante su larga travesía en el drenaje o cauces a cielo abierto. La cantidad y composición de los desechos industriales, es también un factor importante que influye sobre el porcentaje de eliminación de sólidos suspendidos y sobre la DBO en los tanques de sedimentación primaria.

Operación de los tanques de sedimentación simple.

El establecer y mantener registros adecuados sobre el plan de trabajo del equipo de limpieza mecánica y de la descarga de lodos del tanque, son los factores más importantes en la operación. Deben determinarse para cada planta. En la mayoría de las plantas los mecanismos colectores se hacen funcionar de 2 hasta 8 hrs. al día según el tamaño de la planta y la cantidad de lodos que acumule. Deben estar funcionando el tiempo suficiente para prevenir una acumulación de sólidos en el fondo del tanque, creando así una carga indebida en el mecanismo, lo cual puede dañar el equipo. Los sólidos también pueden descomponerse en el tanque de sedimentación, resultando la correspondiente producción de gases y algo de lodos flotantes.

Los lodos deben descargarse del tanque diario. No se considera como buena práctica el descargar lodos que contengan una cantidad excesiva de agua, pues esta ocupa un lugar en el espacio de

almacenamiento de lodos y consume calor en los tanques de digestión. El registro de descarga de lodos, debe estudiarse para cada planta, basándose en observaciones y pruebas, teniendo en cuenta que no se busca rapidez en la descarga de los lodos, sino eliminar lodos concentrados mientras estén frescos.

Las natas y las grasas deben eliminarse diariamente en la superficie del tanque. La mayoría de los colectores mecánicos arrastran estos materiales a una tolva para grasas, de donde fluyen hacia un depósito para que se disponga de este material por bombeo, o pasándolo al tanque de digestión.

Tanques sépticos.

El tanque séptico es uno de los más antiguos dispositivos de tratamiento primario que se usaron. Está diseñado para mantener a las aguas residuales a una velocidad muy baja y bajo condiciones anaerobias, por un periodo de 12 a 24 hrs. durante el cual se efectúa una gran eliminación de sólidos sedimentables, estos sólidos se descomponen en el fondo del tanque, produciéndose gases que arrastran a los sólidos y los obligan a subir a la superficie, permaneciendo como una nata o capa hasta que escapa el gas y vuelven a sedimentarse, esta continua flotación y subsecuente sedimentación de sólidos los lleva con la corriente de aguas residuales hasta la salida, por lo que eventualmente salen algunos sólidos con el efluente, frustrándose así parcialmente el propósito del tanque, debido a los largos periodos de retención y a la mezcla con los sólidos de descomposición. Las aguas residuales salen del tanque en una condición séptica que dificulta el tratamiento secundario.

Los tanques sépticos (fosas sépticas) ya no se usan, excepto en instalaciones muy pequeñas. Sin embargo podrían emplearse en



Fotografía 3.7 Tanque circular de sedimentación primaria, Planta de Tratamiento San Luis Tlaxiualtemalco, D.F.

residencias aisladas, pequeñas instituciones o escuelas. En estas condiciones tiene la ventaja de requerir una atención mínima, basándose en la limpieza ocasional de los lodos y las natas.

Tanque de doble acción o tanque Imhoff.

Es un tipo especial de tanque de sedimentación poco usado en el tratamiento primario, consta de 2 cámaras: una superior que es la cámara sedimentadora por la que pasan las aguas residuales con una velocidad muy reducida permitiendo el asentamiento del material en suspensión y otra cámara inferior que es la cámara de digestión, en la cual se desarrolla la descomposición anaerobia de la materia sedimentada. El fondo de la cámara de sedimentación está formada por 2 losas inclinadas que en su parte más baja se traslapan dejando un espacio o ranura que comunica con la cámara de digestión cuyo piso forma una tolva.

El tanque Imhoff tiene como propósito separar una elevada

porción de las sustancias orgánicas putrescibles que se encuentran en las aguas. Al pasar las aguas residuales por la cámara de sedimentación, se separan los sólidos sedimentables que descienden hacia la tolva y escurren, a través de la ranura, hacia la cámara de digestión.

Como resultado de la sedimentación, el agua residual que se descarga del tanque ha perdido, en promedio un 55% de los sólidos sedimentables y su DBO se reduce en un 35% como promedio. La digestión de los lodos produce gases combustibles que se desprenden hacia arriba, siendo desviados de la ranura hacia las ventanillas de gas que flanquean la cámara de paso. Con esta disposición se permite una sedimentación tranquila que no se altera por el desprendimiento de gases y que es más eficiente que la obtenida por la fase séptica.

Las aguas residuales sedimentadas se descargarán del tanque, ya sea para recibir un tratamiento secundario, para utilizarse al riego o para verterse a las corrientes fluviales. Los lodos digeridos se extraen por gravedad o por bombeo a través de la línea de lodos. Desde el fondo de la cámara de digestión para descargarse en los lechos de secado de lodos.

Generalmente los tanques Imhoff permiten una detención hasta de 24 hrs. en la cámara de paso, para el gasto promedio y una capacidad en la cámara de lodos que se calcula a partir de la base de 1 pie cúbico (0.03 m^3) por persona servida. Un tanque Imhoff no tiene problemas mecánicos y es relativamente económico y fácil de operar, provee de sedimentación y digestión de los lodos en una sola unidad y debe de producir un efluente primario de calidad satisfactoria. El diseño de doble acción requiere que el tanque sea bastante profundo. El tanque Imhoff es adecuado para 5000 habitantes.

3.4 TRATAMIENTO SECUNDARIO.

Este tratamiento debe hacerse cuando las aguas residuales todavía contienen después de un tratamiento primario más sólidos orgánicos en suspensión o solución que las que pueden ser asimilados por las aguas receptoras sin oponerse a su uso normal adecuado.

El tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios, para la descomposición de sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o sólidos orgánicos estables. Los tipos de tratamiento que se utilizan en las plantas del Distrito Federal son:

- a) Proceso convensional de lodos activados.
- b) Proceso de filtros goteadores (rociadores)
- c) Proceso de discos biológicos (biodiscos)

En muchos casos resulta adecuado, para satisfacer los requerimientos de las aguas receptoras, el tratamiento primario con su eliminación de 40% a 60% de sólidos suspendidos y disminución de 25% a 35% aproximadamente de la DBO, así como la eliminación del material que flota en las aguas residuales. Sin embargo, si un tratamiento primario no es suficiente, existen estos tres métodos básicos de tratamiento secundario que pueden aplicarse. Fuera de estos pueden usarse filtros de arena cuando se desee un alto grado de tratamiento o un efecto brillante. Hay algunos otros métodos cuya aplicación es limitada, en estos tipos de tratamiento se emplean cultivos biológicos para llevar a cabo una descomposición aerobia u oxidación del material orgánico, transformandolos en

compuestos mas estables, lográndose un mayor grado de tratamiento que es el que se obtiene solo por sedimentación primaria.

Aunque los filtros goteadores, los lodos activados y los biodiscos dependen de los organismos aerobios para llevar a cabo la descomposición, existe entre ellos una diferencia operacional. En los filtros goteadores y los biodiscos los organismos están adheridos al medio filtrante y hacia ellos va el material orgánico sobre el cual tienen que trabajar. En cambio los lodos activados son los organismos que llegan hasta la materia orgánica de las aguas residuales. En ambos casos el éxito de la operación estriba en mantener las condiciones aerobias ambientales que son favorables para el ciclo vital de los organismos y en controlar la cantidad de materia orgánica que descompongan. La materia orgánica es el alimento de que se sustentan estos organismos y su eficiencia disminuye por una sobrealimentación como por una alimentación deficiente.

Proceso convencional de lodos activados.

El desarrollo del proceso de lodos activados ha marcado un progreso importante en el tratamiento secundario de las aguas residuales. Es este un proceso biológico de contacto, en el que los organismos vivos aerobios y los sólidos orgánicos de las aguas residuales se mezclan íntimamente en un medio ambiente favorable para la descomposición aeróbica de los sólidos. Como el medio ambiente está formado por las mismas aguas residuales, la eficiencia del proceso depende de que se mantenga continuamente oxígeno disuelto en las aguas residuales durante todo el tratamiento.

No obstante el medio ambiente, por si mismo no logra mucho, a

no ser que este operado por suficientes operarios vivientes. Las aguas residuales comunes contienen algunos de estos operarios biológicos, pero su número es reducido para que puedan llevar a cabo el trabajo requerido. Es necesario, por lo tanto, agregar muchos mas organismos y distribuirlos bien por todas las aguas residuales, antes de que el proceso de lodos activados pueda empezar a funcionar con eficacia.

El proceso de lodos activados se emplea generalmente después de la sedimentación simple. Las aguas residuales contienen cantidades de sólidos suspendidos y coloidales, de manera que cuando se agitan en presencia de aire, los sólidos suspendidos forman núcleos sobre los cuales se desarrolla la vida biológica pasando gradualmente a formar partículas mas grandes de sólidos que se conocen como lodos activados.

Los lodos activados están formados por flóculos parduscos que consisten principalmente en materia orgánica procedentes de aguas residuales, poblados por miriados de bacterias y otras formas de vida biológica. Estos lodos activados, con sus organismos vivos tienen la propiedad de absorber la materia orgánica coloidal y disuelta, incluyendo el amoníaco de las aguas residuales, con lo que disminuye la cantidad de sólidos suspendidos. Los organismos biológicos utilizan como alimento el material absorbido convirtiendolo en sólidos insolubles no putrescibles. Algunas bacterias atacan las sustancias complejas originales, produciendo como desecho compuestos simples. Otras bacterias usan estos desechos, produciendo desechos aún mas simples, continuando así el proceso hasta que los productos finales de desecho no puedan ya ser usados como alimento para bacterias.

La generación de lodos activados en flóculos en las aguas

residuales, es un proceso lento, de manera que la cantidad así formada en cualquier volumen de aguas residuales durante su período de tratamiento es muy corta e inadecuada para tratar rápida y eficazmente las aguas residuales, pues se requiere de una gran concentración de lodos activados. Esta gran concentración se logra recolectando los lodos producidos en cada volumen de aguas residuales tratadas y usándolos nuevamente para el tratamiento de volúmenes subsiguientes de aguas residuales. Los lodos que se vuelven a emplear de esta forma se conocen como lodos de recirculación, este es un proceso acumulativo por el que, eventualmente se producirá mayor cantidad de lodos activados de los que se requieren. La excesiva acumulación, o exceso de lodos activados, se retira continuamente del proceso de tratamiento y se acondiciona para su disposición final.

Los lodos activados deben mantenerse en suspensión durante su período de contacto con las aguas residuales a tratar, mediante algún método de agitación. Por lo tanto, el proceso de lodos activados consta de las siguientes etapas, básicamente ya que algunas se les hacen modificaciones:

- a) Mezclado de los lodos activados con las aguas que se van a tratar.
- b) Aereación y agitación de este licor mezclado durante el tiempo que sea necesario.
- c) Separación del licor mezclado de los lodos activados.
- d) Recirculación de la cantidad adecuada de los lodos activados, para mezclarlos con las aguas residuales.
- e) Disposición del exceso de lodos activados.

Se han desarrollado diversas variaciones para llevar a cabo los pasos anteriores con el propósito de lograr diferentes condiciones. Esto ha dado origen a que se use el término Método convencional de lodos activados para distinguir el proceso

original, asignando otros nombres a las variaciones del proceso original.

Antes de estudiar las variaciones, conviene definir los terminos de uso corriente y describir las etapas fundamentales que forman el proceso de lodos activados.

Indice volumétrico de lodos.

Este indice es el volumen en mililitros (ml) que ocupa un gramo de lodos activados en el licor mezclado, una vez que se ha dejado sedimentar durante 30 minutos. Debe determinarse en cada planta cuál es el indice volumétrico más adecuado de los lodos y deben esperarse ligeras variaciones día a día, teniéndose en cuenta que un indice volumétrico que esta aumentando indicará que va creciendo el volumen que ocupa un gramo de lodos, lo cual causará una disminución de la densidad y por ende una tendencia al abultamiento. Lo recomendable es que sea de 80 a 120 ml. de lodos por litros de agua.

Edad de los lodos.

Es el tiempo medio, en días, que permanece sujeta a la aereación una partícula de sólidos suspendidos en el proceso de tratamiento de aguas residuales con lodos activados. Debe mantenerse la edad de los lodos dentro de ciertos límites para que la operación sea satisfactoria, lo cual depende de las características de las aguas residuales que se estén tratando, y que deberá determinarse para cada planta. Para la mayoría de las aguas residuales domésticas comunes, es satisfactoria una edad de 3 a 4 días.

Mezclado de los lodos activados con las aguas residuales en tratamiento. - Es muy importante que los lodos activados

recirculados se mezclen bien con las aguas residuales. Esto se lleva a cabo generalmente agregando los lodos recirculados de las aguas residuales sedimentadas por el extremo de alimentación del tanque de aereación donde la agitación efectúa un mezclado rápido y satisfactorio.

Aereación y agitación del licor mezclado.

Con la aereación se logran los 3 objetivos siguientes:

- a) El mezclado de los lodos recirculados con las aguas residuales.
- b) El mantener los lodos en suspensión por la agitación de la mezcla.
- c) El suministro de oxígeno que se requiere para la oxidación biológica. El aire se agrega generalmente por medio de algunos de los métodos que se conocen como sistemas de aereación.

Requerimientos de aire.

La cantidad de aire que se requiere depende de los siguientes factores:

- a) La carga de la DBO.
- b) La calidad de los lodos activados.
- c) La concentración de los sólidos.
- d) La eficiencia que se desee en el abatimiento de la DBO.

La cantidad básica de aire que se requiere debe ser suficiente para mantener las aguas residuales con un mínimo de 2 ppm (partes por millón) de oxígeno disuelto bajo cualquier condición de carga de la DBO, en todas las partes de los tanques de aereación, excepto en las inmediaciones de las alimentaciones.

Deben hacerse pruebas para determinar el oxígeno disuelto en

diversas condiciones del tanque, para asegurar el mantenimiento de esa concentración.

En los sistemas de aire difundido, se suele expresar la cantidad de aire que se agrega, en metros cúbicos (m^3) de aire por metro cúbico de aguas residuales, que generalmente oscila entre 3.75 a 11.25. Es preferible expresar esto en metros cúbicos de aire por kilogramo (kg) de DBO que es preciso eliminar en el efluente.

Las cifras anteriores se aplican ordinariamente a las aguas residuales domésticas de composición media. Cuando entran desechos industriales, el proceso unitario de lodos activados convencional debe tener algunas de las modificaciones, y por lo tanto las cifras anteriores sufren modificaciones, por lo que deberán determinarse basándose en la experiencia operacional de cada planta. Una cantidad de aire insuficiente da por resultado una baja calidad de lodos activados y, por ende, una disminución sensible en la eficiencia de la planta. El empleo de cantidades excesivas de aire no solamente es un desperdicio, sino que conduce a la formación de lodos tan finamente dispersos que llegan a ser de difícil sedimentación.

Tiempo de aereación.

En el proceso de lodos activados, son los lodos los que efectúan la mayor disminución de la DBO y de la concentración de sólidos en las aguas residuales en tratamiento, en un periodo de aereación relativamente corto. Sin embargo los lodos necesitan mucho más tiempo para asimilar la materia orgánica que han absorbido. Durante este periodo hay que mantener el medio ambiente aerobio. Se ha comprobado que para lograr el tratamiento más completo de las aguas residuales y para que el proceso convencional de lodos activados resulte más económico, es adecuado un tiempo de

aeración de 6 hrs. a 8 hrs. con aire difundido y de 9 hrs. a 12 hrs. con aeración mecánica. En algunos de los procesos modificados se emplean periodos sensiblemente menores. Por lo general, estos periodos más cortos dan lugar a que se obtengan efluentes de calidad inferior.

Separación de los lodos activados del licor mezclado.

Antes de que pueda disponerse de las aguas residuales tratadas en un tanque de aeración, hay que separar los lodos activados. Esto se hace en los tanques de sedimentación secundaria o final. Tales tanques son de diseño similar a los de sedimentación primaria con limpieza mecánica.

El ciclo de remoción de los lodos en los tanques secundarios tiene mayor importancia que en los tanques primarios, pues cierta proporción de lodos debe retirarse continuamente para utilizarlos como lodos recirculados en los tanques de aeración. El exceso de lodos debe eliminarse antes de que pierda su actividad por la muerte de los organismos aerobios debido a la falta de oxígeno en el fondo del tanque. Cuando se dispone de los recursos adecuados, es posible reactivar los lodos recirculados en tanques de reareación separados, antes de agregarlos a las aguas residuales. Sin embargo es mucho más juicioso conservar la actividad de los lodos mediante un pronto retiro del tanque.

Recirculación de lodos activados con las aguas residuales.

La cantidad de lodos devueltos al tanque de aeración ha de ser suficiente para producir la purificación deseada en el tiempo disponible para la aeración y no obstante lo suficientemente corto para lograr un aprovechamiento económico de aire. Debido a las variaciones y características, así como concentración de las aguas residuales, y tipo de plantas, la cantidad de lodos recirculados

puede variar desde 10% a 50% del volumen de aguas residuales en tratamiento.

La concentración óptima debe determinarse en cada planta por tanteos en la operación y debe mantenerse cuidadosamente controlada la proporción de lodos recirculados. La concentración máxima queda limitada por el suministro de aire y por la carga de aguas residuales. Si se deja que se acumulen los sólidos, los requerimientos de aire y alimentos excederán a los disponibles y se desequilibrará la operación.

Tratamiento y disposición del exceso de lodos activados.

El exceso final de los lodos activados se trata y dispone junto con los lodos de los tanques de sedimentación primaria. Esto se discutirá más ampliamente en el capítulo 3.8.

Modificaciones al proceso convencional de lodos activados.

Ya se ha mencionado que existen modificaciones al proceso convencional de lodos activados, con el fin de satisfacer ciertas condiciones locales o para lograr economías en la construcción y operación. Algunas de estas modificaciones son:

- a) Aereación escalonada.
- b) Aereación graduada.
- c) Aereación modificada.
- d) Aereación activada.
- e) Estabilización por contacto.
- f) Digestión aerobia.
- g) Aereación por pasos.
- h) Aereación prolongada.
- i) Lodos activados con oxígeno puro.
- j) Aereación extendida.

Todas estas modificaciones se han realizado en base a la calidad y cantidad del efluente, carga de DBO, contaminantes industriales, calidad y cantidad del influente, espacio, tiempo, etc. La descripción de estas modificaciones no se dan a conocer por la escasez de bibliografía y experiencias en México.

Operación del proceso de lodos activados.

Los detalles de operación varían en las diversas plantas de lodos activados, dependiendo de una serie de factores como son el tipo de recursos disponibles, la fuerza y características de las aguas residuales, la temperatura, los requerimientos de las aguas receptoras y otras más. La experiencia debe determinar cual es el mejor procedimiento para operar cada planta. Sentado este requisito, lo que sigue generalmente se aplica a una planta de tipo convencional en la que se tratan aguas residuales domésticas de composición promedio. En el caso de las plantas de la ciudad de México, por tener calidad de aguas residuales muy diferentes con composición de tipo industrial tienen variantes especiales cada una de estas plantas.

1.- Es necesario una aereación suficiente para mantener un contenido de oxígeno disuelto de cuando menos 2 mg/lt. en todo tiempo durante la aereación, esto de acuerdo a los tiempos de aereación según sea el tipo de la misma.

2.- Se precisa que siempre haya oxígeno disuelto durante todo el tiempo en las aguas tratadas.

3.- Los lodos activados deberán recircular continuamente de los tanques de sedimentación final a los tanques de aereación.

4.- La proporción óptima de recirculación de lodos activados varía, así para aereación difundida oscilará entre 30% y 50% del gasto de aguas residuales.

5.- El contenido óptimo de sólidos suspendidos en los tanques de aereación varía de 1000 a 2500 mg/lt. con el aire difundido y de 600 a 1200 mg/lt. con aereación mecánica.

6.- El índice volumétrico cercano al rango de 100 a 250 y una edad de 3 a 4 días es lo normal en la mayoría de las plantas.

7.- La eliminación del exceso de lodos en el tanque de aereación debe hacerse frecuentemente en pequeñas proporciones, es preferible esto en vez de hacerlo en grandes cantidades de una sola

8.- El mantener lodos demasiado tiempo en el tanque de sedimentación final, hará que se vuelvan sépticos, afectando adversamente el funcionamiento del proceso.

9.- Sobrecargas orgánicas causan dificultades de operación, independientemente de la causa de la sobrecarga, para evitar esto se recomienda una derivación, evitando las unidades de lodos activados.

Abultamiento de los lodos.

El problema más común en las plantas de lodos activados es el abultamiento que se presenta durante la operación de estas. Es deseable un lodo que sedimenta rápidamente, dejando un líquido sobrenadante claro, inodoro y estable. Los flóculos deben de ser de apariencia granulosa, bien delimitados, de color pardo dorado y de olor a moho. Cuando cambian las características de los lodos disminuyendo su sedimentabilidad, lo que se pone de manifiesto de un aumento importante de su índice volumétrico, se desarrolla una condición en el tanque de sedimentación final, que recibe el nombre de abultamiento de los lodos. Como una parte de los lodos no sedimenta en el tanque y es arrastrado por el efluente, resulta que la cantidad del efluente de la planta empeora notablemente llevando una carga orgánica adicional a las aguas receptoras.

Como siempre más vale prevenir el mal que corregirlo y el primer paso es saber su posible origen, para evitarlo. Son diversas las causas del abultamiento de los lodos y algunas de ellas son las que figuran a continuación:

1.- Acortamiento del periodo de aireación como resultado de un flujo excesivo o grandes corrientes pluviales.

2.- Cortos circuitos en los tanques de aireación (mal mezclado)

3.- Grandes descargas orgánicas y químicas al desarrollo bacterial.

4.- Aereación insuficiente o demasiado aire lo cual desintegra los flocúlos.

5.- Alto o bajo contenido de sólidos en los tanques de aereación.

6.- Aguas residuales sépticas en la sedimentación primaria.

7.- Interrupción de la continuidad en el recirculado de lodos en la eliminación del exceso de los mismos.

8.- Preponderancia de hongos que forman filamentos en los lodos.

Todas estas causas pueden resumirse bien diciendo que el abultamiento de los lodos resulta de una sobrecarga o de un balance impropio entre las 3 variables: a) carga de la DBO, b) concentración de sólidos suspendidos en el licor mezclado y c) cantidad de aire que se use en la aereación.

No existe reglas infalibles para la prevención ni para el control del abultamiento de los lodos. Si esta condición se desarrolla, la solución final consiste en determinar la causa y proceder a corregirla o eliminarla, o tomar medidas de compensación en las diferentes etapas del control del proceso.

Espumamiento

La formación de una capa espesa de espuma sobre la superficie de los tanques de aereación se ha convertido en uno de los problemas más graves y comunes para los operadores de estas plantas, suele atribuirse al uso excesivo de detergentes sintéticos usados en la industria y los hogares. Cualquiera que sea su causa, existen diversos métodos de control. Uno de estos consiste en emplear despumantes que por disminuir la tensión superficial, son muy eficaces. Estos productos son caros y es su costo lo que a

veces impide que se haga uso de ellos cuando se requiera de grandes cantidades. Otro método consiste en aplicar a la espuma aspersiones finas de aguas del mismo efluente de la planta.

En el D.F. y en particular la planta de tratamiento de San Luis Tlaxialtemalco existe ya un proceso unitario de tratamiento llamado Espumación y que consiste principalmente en retirar los detergentes y/o espuma que trae el agua para que estos no interfieran en los procesos posteriores.

Filtros Goteadores (Rociadores o Percoladores)

Los filtros goteadores constituyen un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales. En su forma general, este medio fijo lo constituye un lecho de plástico de 6 a 7 mts. de altura, en las que se adhieren y desarrollan los microorganismos que intervienen en el proceso de la materia orgánica ante la presencia de aire. En estos filtros, el agua residual (después de un tratamiento primario) es rociada sobre el lecho de piedras y se percola a través de ellas para ser recolectada en el fondo.

Al paso de las aguas residuales por el medio filtrante en las piedras se forma una película bacteriana que aprovecha la materia orgánica contenida en las aguas residuales como alimento al entrar en contacto con ella. Al crecer esta película bacteriana, los microorganismos se ven limitados en las cantidades de alimento que reciben y eventualmente mueren y son arrastrados por el flujo de las aguas residuales. Debido a lo anterior, es necesario contar con sedimentadores secundarios después de los filtros, con objeto de retener, antes de la descarga del sistema, los sólidos arrastrados por el proceso.

Operativamente los filtros goteadores son el sistema biológico más sencillo de operar, ya que con una adecuada observación de las

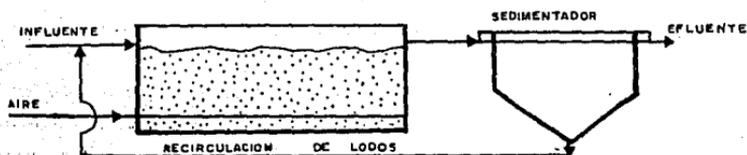
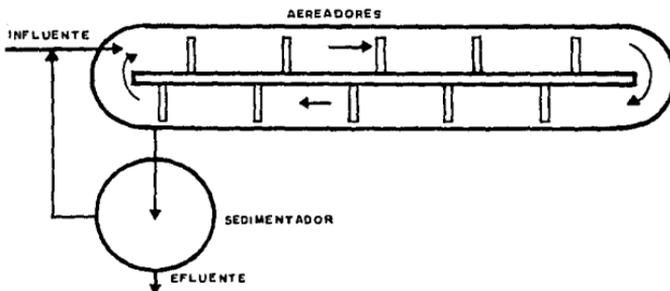
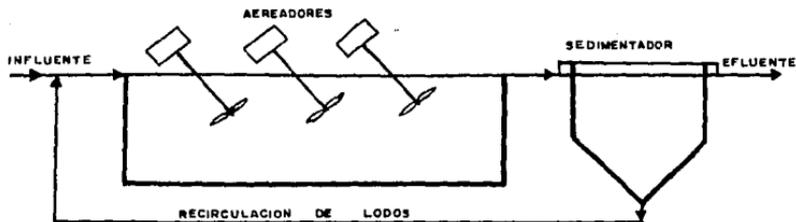


FIG. 3.4 PROCESO DE LODOS ACTIVADOS.



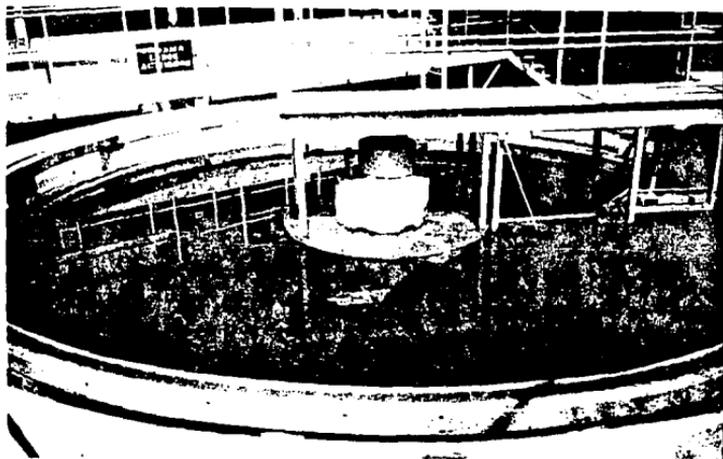
Fotografía 3.8 Tanque de aereación extendida del proceso de lodos activados, el objetivo del techado es para evitar la acumulación y proliferación de insectos. Planta de Tratamiento de Ciudad Universitaria, D.F.



Fotografía 3.9 Tanque de aereación extendida. Planta de Tratamiento San Luis Tlaxialtémalc, E.F.



Fotografía 3.10 Recirculación de lodos a la entrada del tanque, la cantidad apropiada de estos depende la eficiencia del proceso. Planta de Tratamiento Cerro de la Estrella, D.F.



Fotografía 3.12 Tanque de sedimentación secundaria realizada como último paso del proceso de lodos activados. Planta de Tratamiento de Ciudad Universitaria, D.F.

características del efluente con objeto de evitar mediante la recirculación, cargas choque en el medio filtrante, se puede garantizar una eficiencia confiable del sistema. En cuanto a los sedimentadores secundarios, las dificultades de operación son esencialmente las mismas que para lodos activados.

Los filtros goteadores constituyen el método adecuado para el tratamiento de las aguas residuales municipales e industriales, siempre que no se quiera obtener un efluente de alta calidad, constituyen la solución para el tratamiento de:

- Localidades medianas y pequeñas.
- Hospitales, escuelas y hoteles.
- Industria textil.
- Curtidurías.
- Lavanderías.
- Enlatado de alimentos.
- Industria láctea.
- Industria cervecera.
- Empacado de carne.
- Industria del café.

El filtro goteador es bastante eficiente para la remoción de materia orgánica de las aguas residuales, aunque la calidad del afluente obtenido por este proceso no es tan alta como la obtenida con el de lodos activados, además que la remoción de otros contaminantes diferentes de la materia orgánica, como metales pesados es menor.

Comparando estos resultados con los obtenidos para el proceso de lodos activados, puede manifestarse que las eficiencias de remoción para la DBO y sólidos suspendidos son significativamente menores; asimismo en los filtros goteadores no hay una remoción importante de nitrógeno y fósforo, pero combinado con un sedimentador primario el efluente de este proceso puede ser empleado en usos no restrictivos en cuanto a calidad del afluente.

Uno de los factores que más afectan la eficiencia de los

filtros goteadores es la temperatura ambiente, ya que a bajas temperaturas se reduce considerablemente la actividad biológica en el proceso y es por ello que su diseño debe hacerse para las condiciones críticas de la temperatura de invierno.

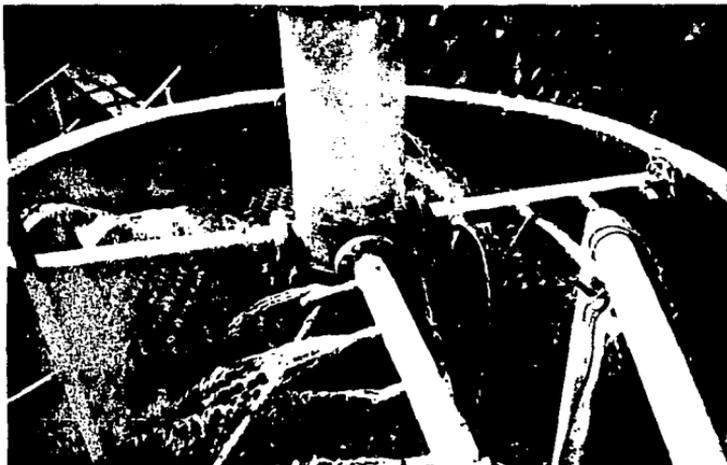
Una desventaja muy importante es que ocupan grandes áreas y su construcción es muy costosa. Cabe mencionar que estos filtros al igual que los lodos activados tienen algunas modificaciones.

Discos biológicos (biodiscos).

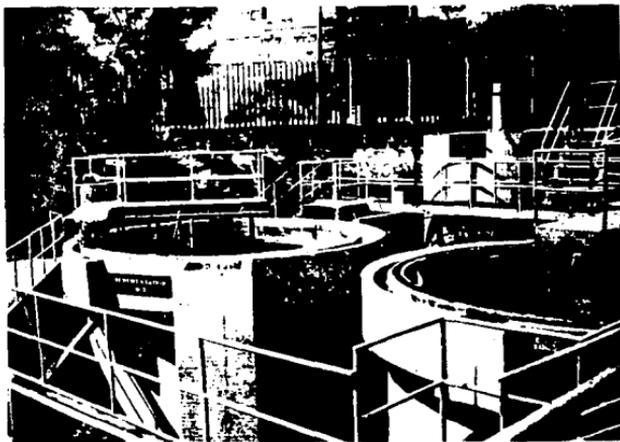
Este proceso de tratamiento biológico fue desarrollado en Europa como un sistema alternativo a los filtros goteadores. En este caso, en vez de que el agua residual sea la que a su paso entre en contacto con el medio fijo, es el medio el que entra en contacto con el agua residual, moviéndose alternativamente entre el agua y el aire.

Lo anterior se logra mediante un sistema rotativo de discos paralelos de material plástico, los que se encuentran parcialmente sumergidos en los reactores de contacto. La película bacteriana se forma en la superficie del medio plástico, y en forma similar a los filtros goteadores, esta es desechada para su recolección en sedimentadores secundarios.

En este sistema no existe recirculación del efluente tanto del sedimentador secundario como de los propios reactores, reduciéndose en este hecho el problema de operación del sistema. La eficiencia de este proceso, aunque de historia reciente, ha demostrado ser en general ligeramente mayores y más consistentes que los obtenidos en el proceso de lodos activados convencional, en lo que se refiere a la DBO y sólidos suspendidos, además de que se obtiene una mayor remoción de amoníaco.



Fotografía 3.13 Vista superior del filtro goteador o rociador. Planta de Tratamiento de Ciudad Universitaria. D.F.



Fotografía 3.13 Proceso unitario de tratamiento del filtro goteador, seguido de la sedimentación secundaria para su mayor eficiencia. Planta de Tratamiento de Ciudad Universitaria. D.F.

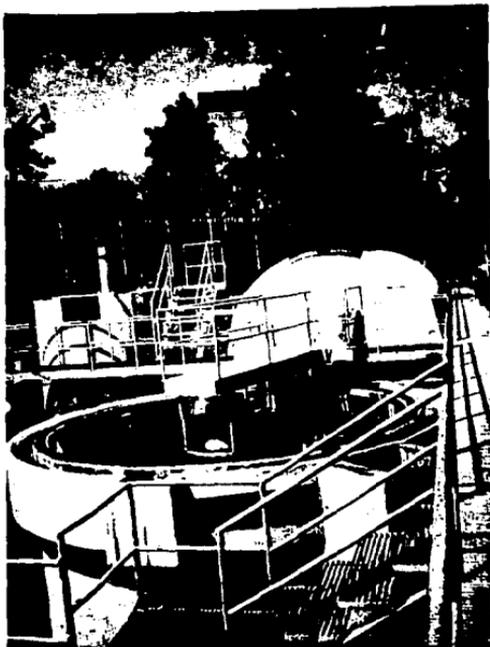
Zanja de Oxidación.

La zanja más simple de oxidación consiste en un canal continuo aireado mecánicamente. Las aguas residuales crudas se vierten a este directamente, se dispersan rápidamente en una mezcla de aguas residuales y lodos, y circulan con ellos a través de la zanja. Una velocidad de desplazamiento de aproximadamente 0.305 m/seg mantiene a los floculos en suspensión. El rotor es una modificación del aereador de cepillos, pero corre a través del canal en vez de a lo largo de sus lados. En las zanjas diseñadas para una operación cíclica, las profundidades se encuentran de 0.90 a 1.50 mts. y los periodos de retención se extienden de 1 a 3 días, no se extrae efluente hasta que el nivel del agua en el canal llegue al nivel máximo de operación. Se corta entonces el efluente, el rotor se detiene, se permiten una o 2 horas de reposo para que los sólidos se sedimenten, el sobrante clarificado se extrae mediante un canal para el efluente, y el exceso de lodos si se desea, se levanta de una sección de la zanja a los lechos de secado, debido a que los sólidos se estabilizan, bien durante el largo periodo de aereación, ya no son putrescibles y se deshidratan con facilidad. La operación cíclica puede dar lugar a una operación continua mediante la adición de un tanque de sedimentación del cual se retornan a la zanja las cantidades útiles de lodos.

Dependiendo del clima, el exceso de lodos se puede secar sobre lechos de arena con una área de 1 ft² a 3 ft² (0.093 m² a 0.279 m²) por persona. El hecho de que los lodos se encuentren bien estabilizados puede permitir que se descarguen a los cuerpos receptores junto con el efluente. Generalmente los requerimientos de área para las zanjas de oxidación son menores que para las lagunas de oxidación.

Lagunas de Estabilización. (oxidación).

Estas instalaciones pueden definirse como estructuras.



Fotografía 3.14 Vista del exterior del proceso unitario de Biddisco, después del paso del agua por este es indispensable la sedimentación secundaria. Planta de Tratamiento de Ciudad Universitaria. D.F.



Fotografía 3.15 Vista interior del proceso unitario de Biodiscos, al girar los discos se permite la descomposición aerobia de los microorganismos. Planta de Tratamiento de Ciudad Universitaria. D.F.

sencillas de tierra abiertas al sol y al aire para represado, sujetas a normas de control en cuanto a forma, profundidad (de 0.60 a 1.2 mts) y superficie de (1 ha. x 1000 habitantes). Se diseñan y se construyen específicamente para el tratamiento de aguas residuales, por proceso de autopurificación biológicos, químicos y físicos.

El funcionamiento de las lagunas descansa en 2 formas primitivas de vida: algas y bacterias. La fuente de energía es el sol. Esta energía unida a las propiedades fotosintéticas de las algas, las capacita para utilizar los desechos orgánicos parcialmente fermentados, principalmente bioóxido de carbono para producir más células de algas y liberar oxígeno que estimule las actividades de las bacterias aerobias.

La fotosíntesis es un proceso natural que se lleva a cabo en los tejidos verdes de los vegetales, bajo la influencia de la luz y produciendo, que es la sustancia a que deben el color verde los vegetales vivos. En este proceso, el oxígeno de bioóxido de carbono es liberado y se disuelve en el líquido en el que crecen las algas y las aguas reciben oxígeno para mantener la ulterior descomposición aerobia. los sólidos de las aguas residuales entran al estanque en un estado altamente putrescible y salen en forma de células de algas estables, las cuales dentro de ciertos límites, pueden reutilizarse o descargarse a cuerpos receptores sin causar efectos deletereos.

Su principal aplicación es el tratamiento completo de aguas residuales y ciertos desechos industriales. Tienen las siguientes ventajas: a) Costos mínimos de operación y mantenimiento b) Bajas inversiones de capital c) tratamiento eficaz de alto grado en remoción de materia orgánica y organismos patógenos.

Las lagunas de estabilización pueden usarse como un tratamiento completo cuando reciben aguas residuales crudas, o como un tratamiento secundario para aguas residuales sedimentadas, o también como tratamiento adicional para efluentes de procesos secundarios. Se han utilizado más como tratamiento secundario de efluentes primarios.

Desde el punto de vista de salud pública deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

1.- Deberá evitarse el contacto humano con el contenido de las lagunas.

2.- Debe prohibirse cualquier uso de las lagunas con fines recreativos.

3.- El ganado no debe tener acceso a ellas.

4.- Debe evitarse el desarrollo de mosquitos por el control adecuado del crecimiento de plantas tanto en las orillas como dentro de la laguna.

5.- Debe evitarse la proximidad de las lagunas a los abastecimientos de agua u otras fuentes o instalaciones susceptibles de contaminación.

6.- De ser posible, deberá impedirse su localización en zonas de suelo poroso y formaciones de roca fisurada o bien tomarse precauciones especiales para lograr un sellado efectivo del piso y bordo.

7.- Sus tiempos de retención generalmente son mayores a los 30 días.

Son 4 los tipos de lagunas más utilizadas.

Lagunas facultativas.

Estas son las más comunes y como su nombre lo indica, combinan la actividad aerobia y la anaerobia en la misma unidad. Los

microorganismos portadores de clorofila, los fitoflagelados y las algas que están en las lagunas utilizan las sales inorgánicas y el bixido de carbono que resultan de la descomposición bacteriana de la materia orgánica. El oxígeno producido por la fotosíntesis, que puede alcanzar niveles de oxígeno disuelto de 15 a 30 mg/lt. en las cercanías de la tarde, esta presente para la actividad bacteriológica aerobia, aunque el nivel de oxígeno disuelto desciende durante la noche y puede llegar a cero si la laguna esta sobrecargada. En los depósitos del fondo, la actividad anaerobia produce la estabilización parcial de los lodos y libera una parte de materia orgánica en forma soluble para una mayor degradación en la zona aerobia. Es común que las lagunas facultativas tengan una profundidad de 1 a 2 mts. tiempos nominales de retención de 5 a 30 días, aunque con temperaturas extremas se alteran estos valores. Debido a que los tiempos de retención son relativamente largos y que la concentración de sustancias orgánicas en tales lagunas es baja. Hay una remoción considerable de bacterias por respiración endógena y por sedimentación. Es posible remover del 70% al 85% de DBO, aunque las algas en el efluente puedan afectar estos valores en forma significativa. La forma que da mejores resultados en estas lagunas es la rectangular con una relación longitud:ancho de 3:1. Normalmente son suficientes bancos simples de tierra, aunque en lagunas grandes con el movimiento de las olas, es aconsejable proteger los bancos con losas de pavimento o materiales similares. No debe haber áreas poco profundas en las orillas para no atraer mosquitos; asimismo es necesario la poda del pasto y de la yerba así como la asperción ocasional de insecticida. La tasa de acumulación de sólidos para una laguna que trata aguas residuales del tipo doméstico, la tasa de acumulación de sólidos en la laguna es de 0.1 a 0.3 m³/hab/año, de modo que solo se requerirá desenlodar a intervalos relativamente largos de varios años.

Lagunas de maduración.

Estas son lagunas poco profundas, totalmente aerobias, con una carga orgánica muy baja (menor de $0.01 \text{ kg/DBO/m}^2/\text{día}$) cuyo uso primario es como una etapa secundaria del tratamiento enseguida de una laguna facultativa o de otro tipo de unidad de tratamiento biológico. También en estas lagunas hay grandes crecimientos de algas, pero su característica más importante es la alta remoción de bacterias patógenas que se logra debido a que el ambiente es desfavorable para tales organismos.

Lagunas anaerobias

Estas operan con una carga orgánica muy alta de $0.5 \text{ kg/DBO/m}^2/\text{día}$, con una profundidad de 3 a 5 mts. para asegurar que existan condiciones anaerobias. Son capaces de remover del 50% al 60% de DBO en un tiempo de retención de 30 días y pueden ser adecuadas para el pretratamiento de desechos orgánicos fuertes antes de agregarlos a las lagunas facultativas. Como es probable que las lagunas anaerobias produzcan olores, no deben situarse cerca de áreas pobladas.

Lagunas aerobias.

Análogas al proceso de lodos activados con aereación prolongada, estas utilizan aereadores flotantes para mantener los niveles de oxígeno disuelto y hacer el mezclado. Es posible tener cargas de DBO de $0.2 \text{ kg/m}^2/\text{día}$, con tiempos de retención de pocos días, y que produzcan efluentes de buena calidad. El proceso incluye el mantenimiento de un flóculo esencialmente bacteriano en lugar de sistema de bacterias y algas de las lagunas más simples. La necesidad de una planta mecánica y de un suministro de energía confiable se aleja del concepto de simplicidad que caracteriza a la laguna de oxidación, pero las lagunas aereadas pueden tener aplicaciones en las áreas urbanas de gran población.

3.5 TRATAMIENTO TERCIARIO.

Debido a una creciente preocupación por la presencia de sustancias orgánicas solubles, no biodegradables, nutrientes inorgánicos, sales y trazas de contaminantes de diferentes tipos de efluentes convencionalmente tratados, existe ahora un gran interés en el tratamiento más avanzado de desechos o en las técnicas para la recuperación del agua. Tales técnicas pueden tener aplicaciones en el control de la eutroficación, la reutilización del agua para abastecimiento potable y, por supuesto, en la obtención del agua dulce a partir de fuentes salinas.

Aunque una planta convencional de tratamiento de agua residual que incorpore los procesos de sedimentación primaria, oxidación biológica y sedimentación final en ocasiones puede producir un efluente de baja calidad, dependiendo el uso que se destine, la producción confiable de un efluente significativamente de mejor calidad, requiere entonces alguna forma de tratamiento terciario.

La mayoría de formas de tratamiento terciario están encaminadas a la remoción de parte del exceso de sólidos suspendidos en el efluente obtenido en instalaciones convencionales bien operadas. El tratamiento terciario debe considerarse como una técnica para mejorar la calidad de un efluente y no como un método para tratar de convertir un efluente malo en una descarga de buena calidad. La remoción de sólidos suspendidos en el efluente tiene también una remoción asociada de DBO debido a que la materia ejerce una DBO.

En el caso del D.F. el tratamiento terciario se empieza a tomar en cuenta en el año de 1980, en el cual se proyecta y diseña la Unidad Experimental de Tratamiento Avanzado en el Cerro de la Estrella, y en 1981 se construye la primer planta en la cual uno de sus procesos es el tratamiento terciario, este proyecto se llevó a cabo en la planta de tratamiento de El Rosario.

Los procesos unitarios de tratamiento terciario se han estudiado técnica y económicamente para acopiarlos a la realidad de la calidad del agua residual del D.F. y los que se han llevado a la práctica son los más aceptables en el caso de la planta de tratamiento de El Rosario, San Luis Tlaxialtelcalco y la Unidad Experimental de Tratamiento avanzado del Cerro de la estrella, los cuales dan como resultado agua tratada de buena calidad aceptable para reuso. Los tratamientos terciarios que estudiaremos son:

Espumación.

En México se emplean detergentes, probablemente, esta práctica continuara durante los próximos años. El resultado de esta práctica es el problema tan común en las plantas de tratamiento de todo el país de formaciones de espumas. Otros efectos, menos visibles pero igualmente importantes, son la reducción en las eficiencias de transferencias de oxígeno en los tanques de aereación y la presencia de detergentes en los efluentes de las plantas de tratamiento. Para su remoción la DGCOH ha realizado diversas investigaciones a nivel de laboratorio y a nivel planta piloto, para la remoción de este tipo de contaminantes. El proceso empleado ya a nivel de plantas de tratamiento es el de espumación. En este proceso se aprovechan las propiedades surfactantes de estos compuestos para su remoción por medio de espumas. Las espumas se forman por medio de adición de burbujas finas en el fondo de un tanque y las espumas son removidas de la superficie del tanque

aprovechando el arrastre del mismo aire inyectado. La profundidad media de estos tanques varia entre 2 y 3 mts. El tiempo de retención es de 5 a 15 minutos y las relaciones volumétricas aire/agua empleadas varían entre 4 y 8. Un elemento clave para la operación de este proceso es la pronta y eficiente remoción de las espumas formadas, previniendo su colapso dentro del tanque de aereación, lo que resultaría en el retorno de los detergentes al agua. Las eficiencias prácticas de remoción de detergentes, medidas como sustancias activas al azul de metileno (SAAM) que se han obtenido en el proceso de espumación varían entre 60% y 90%.

Filtración.

La filtración es el proceso más usado cuando se desea obtener un efluente de calidad inmediata superior a la de un efluente secundario convencional. Este sistema combina procesos físicos y químicos para la remoción de sólidos de las aguas residuales. El proceso de filtración ha sido usado tanto como un último paso de tratamiento previo a la desinfección, como uno de los pasos que pueden en un sistema de tratamiento terciario.

En este sistema, el efluente que ha recibido tratamiento biológico o físico-químico es percolado a través de un lecho del medio filtrante granular, en el que los sólidos son retenidos hasta que dicho lecho se obstruye a tal grado que es necesario provocar un flujo invertido (retrolavado) para limpiar y desfogar los sólidos acumulados durante la operación normal del filtro.

En su desarrollo original, el diseño de los sistemas de filtración fue similar al empleado para el proceso de potabilización del agua, sin embargo, dadas las características particulares de los sólidos en las aguas residuales, se desarrollaron equipos y variaciones al proceso que lo hicieron más

adecuado para este tipo de aguas.

Entre los factores más relevantes en estas modificaciones al proceso, destaca el empleo de medios filtrantes compuestos de 2 o más lechos distintos. Las combinaciones más comunes hoy en día incluyen: arena y antracita, arena y carbón activado, lechos de resina y arena, lechos de resina y antracita, y carbón activado entre otros.

Teniendo las variantes de filtración rápida, filtración lenta, microfiltración y clarificador con flujo ascendente. Las unidades de filtración pueden ser operadas por gravedad o por presión, dependiendo de su elección de la relación que guarde el proceso de filtración con otros procesos de tratamiento en la planta. El efecto que produce el reciclado de aguas de retrolavado en el sistema en su conjunto y del espacio disponible para su implantación. Operativamente el proceso de filtración requiere de una atención cuidadosa y un mantenimiento rutinario frecuente, aunque en el caso de plantas importantes es posible automatizar todo el sistema operativo. Aunque la operación de retrolavado se lleva a cabo mediante programas pre-establecidos, la calidad del efluente debe ser constantemente monitoreada, para detectar cualquier variación de importancia en el sistema. Asimismo el retrolavado debe llevarse a cabo con extremo cuidado para prevenir arrastrar con el al medio filtrante. En términos generales, puede decirse que la eficiencia de los procesos que anteceden a la filtración, así como las concentraciones de sólidos aplicadas a los filtros, son los elementos determinantes en la obtención de un efluente de alta calidad como es de esperarse en este proceso.

Las eficiencias de remoción de materia suspendida en este proceso dependen en gran medida de los procesos de tratamiento con

los que se cuenta antes de la filtración, ya que el tipo de flóculo depende del proceso biológico o físico-químico que lo anteceda.

Es importante mencionar que la consistencia obtenida en las eficiencias de remoción, mediante el empleo del proceso de filtración, es dependiente en gran medida de la forma como se operen los filtros así como el control que se tenga sobre los procesos que los antecedan. Para lograr una eficiente operación de este proceso, es necesario llevar un control estricto sobre la calidad del efluente que permita determinar adecuadamente el ciclo de retrolavado de filtros. Un retrolavado frecuente, garantiza un efluente de alta calidad.

Carbón activado.

El carbón activado es empleado en el tratamiento de aguas residuales para remover materia orgánica soluble que permanece en el efluente después de otros procesos previos al tratamiento. Esta materia orgánica es absorbida en los poros de las partículas de carbón. Cuando se ha agotado la capacidad de adsorción del carbón, este puede ser regenerado o reactivado mediante calentamiento lo que produce que los orgánicos absorbidos sean retirados de los poros, permitiendo reusar nuevamente el carbón regenerado. La adsorción con carbón activado es un proceso apropiado prácticamente para cualquier instalación de tratamiento, sin embargo, las consideraciones en el diseño del mismo difieren de acuerdo al tamaño del sistema.

El carbón activado se encuentra en el mercado en 2 formas: granular y en polvo. El primero es empleado más frecuentemente en instalaciones de tratamiento de aguas, pero existen instalaciones que emplean carbón en polvo en la purificación de sus aguas. Las unidades de adsorción con carbón activado son similares a las

unidades de filtración, pudiendo ser operadas por gravedad o a presión, dependiendo de las características particulares de cada proyecto.

Los factores más importantes en el diseño de este tipo de sistemas incluyen: características y concentraciones de los contaminantes por remover como: a) características del carbón activado b) características de las aguas residuales y, c) tipo de sistema a emplear en su forma de operación.

La adsorción con carbón activado es un proceso que se emplea comúnmente después de la filtración (ya que las partículas gruesas tienden a bloquear el sistema de adsorción). En su operación las columnas de carbón activado son similares a las unidades de filtración, y por lo tanto sus demandas de operación y mantenimiento son básicamente las mismas, con excepción de que en este caso no se requiere de retrolavado. La regeneración de carbón o su reemplazo es una necesidad periódica, que se detecta mediante la medición de las concentraciones de orgánicos en el efluente del proceso.

Una de las principales formas de medir la efectividad del empleo del proceso de adsorción mediante el empleo de carbón activado es mediante la medición del carbono orgánico total o de la DQO del efluente de dicho proceso. La remoción de los metales pesados en este proceso es muy variable, dependiendo del metal que se trate, variando desde un 73% para el fierro, a remociones insignificantes para Mercurio, Selenio, Cadmio y Arsénico. En cuanto a la confiabilidad del proceso, esta al igual que el caso de la filtración es muy variable, debido esto a la similitud en la operación de estos procesos.

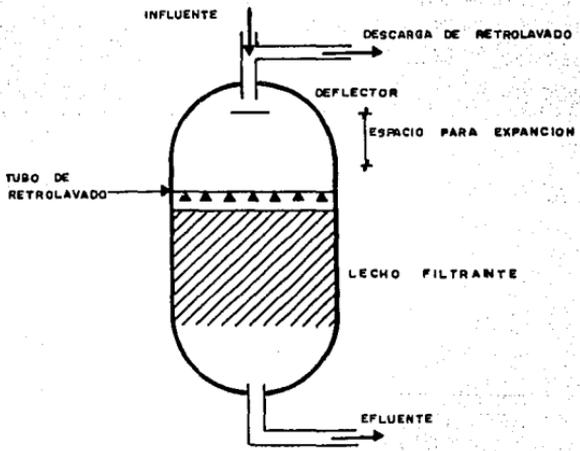
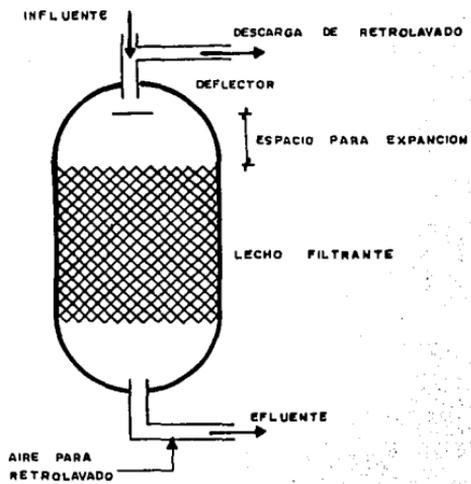


FIG. 3.5 FILTROS.



Fotografía 3.16 Lechos de lirio acuático. tienen como objetivo hacer más eficiente la remoción de contaminantes del agua residual que pasó por el proceso de lodos activados y darle a este efluente una excelente calidad a su llegada por un proceso de tratamiento terciario en este caso la filtración. Planta de Tratamiento Cerro de la Estrella. D.F.

Intercambio Iónico.

Ciertos materiales naturales especialmente las zeolitas que son silicoaluminatos sódicos complejos y las arenas verdes, tienen la propiedad de intercambiar un ión en su estructura por otro ión en solución. Se han desarrollado materiales sintéticos de intercambio iónico que ofrecen mayores capacidades de intercambio que las componentes naturales.

El tratamiento mediante intercambio iónico tiene la ventaja de que no se producen lodos, aunque se debe tener presente que cuando se ha agotado la capacidad de intercambio iónico, es necesario regenerar el material, lo que da lugar a una corriente de desecho, como concentrado del contaminante original. Las aguas residuales de origen industrial como la de procedencia de acabado de metales se pueden tratar con intercambio iónico como una alternativa de los métodos de precipitación; sin embargo el uso más común del intercambio iónico es el ablandamiento de agua o la desmineralización en el caso de aguas para calentadores de alta presión donde es esencial la alta pureza del agua.

Una de las ventajas del empleo de intercambio iónico es que este proceso es poco sensible a los cambios de temperatura, a la vez que adiciona cantidades relativamente pequeñas de sólidos disueltos a las aguas tratadas con este medio. Una de las mayores eficiencias de este proceso es la remoción de amoníaco en aproximadamente el 85%, y del 90% en metales pesados, sólidos suspendidos totales, DBO, DQO y carbón orgánico total.

Osmosis Inversa.

Este proceso unitario de tratamiento es una de las varias técnicas de desmineralización (remoción de metales pesados) aplicables a la producción de agua adecuada para reuso. Este

proceso tiene la ventaja adicional de eliminar la materia orgánica disuelta, que se reduce menos selectivamente con otros métodos similares. Las limitaciones fundamentales de la Osmosis Inversa es su alto costo y su carencia general de experiencia en el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico.

En este proceso el agua separa de los sólidos disueltos en solución filtrandola a través de una membrana semipermeable a una presión mayor que la osmótica, causada por los sólidos disueltos en el agua residual. Con el equipo y membrana existentes, las presiones de funcionamiento varían desde la atmosférica a 5 veces la atmósfera. Los componentes básicos de una unidad de Osmosis Inversa es la membrana, estructura de soporte de la misma, un tanque y una bomba de alta presión. El acetato de celulosa y el nylon han sido utilizados como materiales para la membrana.

3.6 TRATAMIENTO QUIMICO.

El tratamiento químico se suele considerar como un tratamiento intermedio, por que los resultados que se obtienen con el son mejores que los del tratamiento primario común, pero no tan buenos como los del tratamiento secundario. El tratamiento químico es uno de los más antiguos métodos de tratamiento de aguas residuales. A pesar de esto, el uso de este se ha restringido a casos muy especiales, debido al proceso de tratamiento secundario, a la supervisión que se requiere, al costo de los reactivos y a las cantidades excesivas de lodos de los que tienen que disponerse. Tiene aún aplicación en el tratamiento de desechos industriales que no son fácilmente atacables biológicamente y en donde las condiciones de los cuerpos receptores exigen periódicamente un mayor grado de tratamiento primario común, pero no justifica un tratamiento secundario.

Los metodos quimicos de tratamiento con mejores resultados y mayor aceptación son:

Coagulacion - floculación.

El proceso de coagulación-floculación y sedimentación consiste en:

a) Adición de productos químicos (coagulantes) a las aguas residuales para la remoción de sólidos y otros contaminantes mediante coagulación-floculación se produce un flóculo que es compuesto químico insoluble que absorbe principalmente la materia coloidal envolviendo principalmente a los sólidos suspendidos no sedimentables y que se depositen rápidamente.

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

c) Mezcla lenta para permitir la formación de flóculos o grumos resultado de la adición de productos químicos.

d) Sedimentación en condiciones de calma para permitir la separación de flóculos formados de las aguas residuales.

Los productos químicos más empleados como coagulantes-floculantes se pueden dividir en 4 categorías: a) Cal, b) Sales de aluminio, c) Sales de hierro y, d) Polímeros, cada uno de ellos con propiedades y aplicaciones propias del producto.

La cal es usada como coagulante-floculante tanto para la remoción de fósforo como de dureza de calcio. También es eficiente en la remoción de sólidos suspendidos, turbiedad y muchos de los contaminantes presentes solo en trazas en el agua residual. El efluente de este proceso presenta un pH elevado que, de no requerirse para procesos subsecuentes, debe de ser reducido antes de descargarse el efluente.

Otro aspecto de interés en el empleo de cal como coagulante-floculante es su recuperación, en especial de plantas grandes, ya que esto ha resultado económicamente factible, mediante el empleo de hornos de recalcinación de los lodos sedimentados en el proceso. El aluminio en la forma de sulfato de aluminio, reacciona con los ortofosfatos y la alcalinidad, en esta remoción de fósforo tiende a ser la más alta, si el producto se dosifica durante o después del tratamiento biológico, ya que es cuando la proporción de ortofosfatos es mayor comparada con otras asociaciones del fósforo. Las sales de hierro, principalmente cloruro ferrico, son efectivas en la remoción de sólidos suspendidos y fósforo de las aguas residuales.

Los polímeros son usados frecuentemente con ayudas adicionales de sedimentación. Estos productos incrementan su sedimentabilidad de flóculos finos y ligeros. La selección y dosificación de estos productos se hace en la forma general mediante ensayos de prueba y error, que pueden alcanzar desde el laboratorio hasta pruebas en plantas operando.

La operación y mantenimiento de sistemas de clarificación química es compleja por varias razones. En primer lugar, el manejo de productos químicos requiere mayores medidas de seguridad en las plantas de tratamiento, asimismo los sistemas de dosificación de productos químicos requieren mucha atención para garantizar que las cantidades sean las correctas y que se apliquen en forma continua (una aplicación baja de productos reduce considerablemente la eficiencia del sistema, mientras que un exceso de ella es, además de costoso, causa un efluente de baja calidad), finalmente el equipo mecánico necesario para este proceso debe recibir un adecuado mantenimiento preventivo.

Puede concluirse que la adición de cal y sales de fierro con algún polímero son los procesos que tiene las mayores eficiencias, sin embargo, la selección del tipo adecuado de coagulante para cada caso en particular deberá derivarse de los análisis de laboratorio y, en muchos casos, a nivel planta en operación.

Precipitación Química.

La remoción de ciertos materiales inorgánicos solubles se puede lograr al agregar reactivos adecuados para convertir las impurezas solubles en precipitados insolubles que pasan así a la fase de floculación y se pueden remover por sedimentación. El grado de remoción que se logra depende de la solubilidad del producto. Factores como el pH y la temperatura normalmente afectan esto.

Se usa la precipitación química en el tratamiento de agua residual de origen industrial para remover, por ejemplo, metales tóxicos de efluentes de la industria metal-mecánica. Es común que tales efluentes tengan cantidades considerables de cromo hexavalente que es dañino para los sistemas biológicos. Si se agrega sulfato ferroso y cal, el cromo se reduce a la forma trivalente que se puede precipitar como un hidróxido.

Para un tratamiento eficiente, es esencial agregar la dosis correcta de reactivos. El uso más extendido de la precipitación química es para el ablandamiento de agua. Las aguas duras, esto es, las aguas que contienen calcio y magnesio en cantidades importantes, frecuentemente requieren de ablandamientos para mejorar su calidad para usarlas, ya sea en el doméstico, industrial, etc. La necesidad de ablandar los abastecimientos domésticos se debe más a razones de comodidad y economía que de salud, ya que aún en concentraciones muy altas (más de 1000 mg/lit) la dureza es inofensiva, aunque es verdad que hay cierta evidencia estadística que muestra que las aguas ablandadas artificialmente tienden a aumentar la incidencia de algunas formas de enfermedad cardíaca.

Existen 4 tipos de ablandamiento y son:

- a) ablandamiento con cal.
- b) Ablandamiento con soda calcica.
- c) Ablandamiento por exceso de cal.
- d) Ablandamiento por exceso de soda calcica.

3.7 DESINFECCION

En el tratamiento de aguas residuales la última etapa de proceso que se lleva a cabo es la desinfección. La desinfección significa una desactivación de organismos causantes de enfermedades, principalmente patógenos hasta una concentración inocua. En la actualidad el proceso de desinfección más sencillo y económico es la cloración que es utilizada en las plantas de tratamiento del Distrito Federal.

Desinfección con cloro.

El proceso de desinfección será tan efectivo como lo sea el control que se ejerza de que el agua presentada reciba cloro continuamente y en una cantidad proporcional al gasto, para que se produzca así una desinfección eficaz. Por lo tanto, debe prestarse primordial atención a la cuidadosa selección del equipo clorador, el cual debe satisfacer las necesidades particulares de abastecimiento de agua, básicamente en un conocimiento de las condiciones prevalecientes.

Aunque en el pasado, se han ensayado otros desinfectantes, se han obtenido los mejores resultados con el uso del cloro, ya sea en forma de gas o de alguno de sus diferentes compuestos que lo contienen, como la cal clorada, el hipoclorito de sodio, etc. En todos los casos el cloro es el desinfectante activo, debido a su costo, confiabilidad, eficiencia y calidad de manejo el cloro es el que prácticamente se usa siempre. Cabe aclarar que el término cloración se usa generalmente como sinónimo de desinfección.

La esterilidad no es sinónimo de desinfección. Aquella implica la destrucción de todos los seres vivos en el medio estéril. Generalmente la producción de agua estéril se limita a la investigación práctica, médica y productos farmacéuticos y químicos especiales. El agua potable no necesita ser estéril.

El cloro debe aplicarse como gas o como solución ya sea solo o con otras sustancias químicas, independientemente de su forma de aplicación y la cantidad o dosificación se regula mediante aparatos especiales llamados cloradores o en su caso hipocloradores.

En las plantas de tratamiento del Distrito Federal se aplica el cloro en forma gaseosa, y cuando existen fallas en los cloradores y se adiciona cloro en forma de hipoclorito de sodio (en solución) por medio de una bomba de dosificación. Los cloradores cuentan con dispositivos para hacer una solución acuosa del cloro gaseoso (a condiciones normales de presión y temperatura el cloro es un gas) e inyectan esta solución en el agua que se trata.

Es de primordial importancia que se tomen precauciones para asegurar la aplicación continua del cloro al agua que se encuentra en proceso de tratamiento.

Las aguas residuales contienen sustancias que influyen sobre la cloración en forma decisiva, tales sustancias son:

- Los sólidos suspendidos, los cuales pueden poner una barrera a las bacterias protegiéndolas de la acción oxidante del cloro.
- La materia orgánica, la cual reacciona con el cloro de tal modo que le reduce totalmente sus propiedades desinfectantes.
- El amoníaco que reacciona con el cloro libre para formar cloraminas que tienen propiedades desinfectantes, pero menos eficaces que el cloro libre.

- El valor del pH, las aguas de baja alcalinidad y bajo valor del pH son más fácilmente desinfectadas.

- Los nitritos que reaccionan con el cloro libre y lo reducen, y que además pueden producir interferencias o errores en la lectura.

La rapidez y efectividad de la desinfección con el cloro es influenciada por la temperatura del agua de tal forma que la cloración es más efectiva a altas temperaturas. Por otro lado el cloro es más estable en agua fría y permanecerá más tiempo en ella.

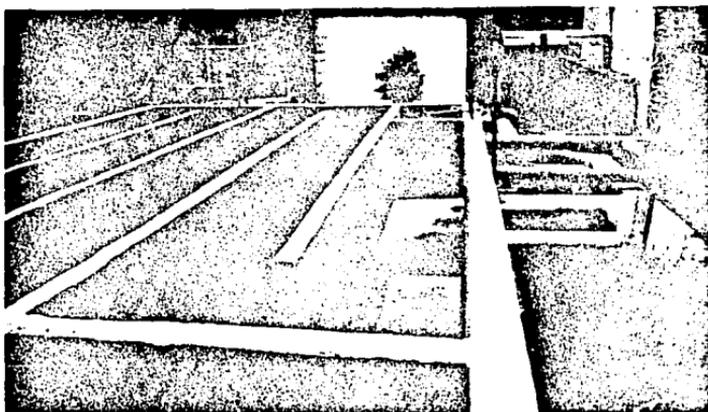
El tiempo de que se puede disponer para que el cloro actúe sobre los constituyentes del agua es uno de los aspectos más importantes de la cloración. El tiempo mínimo de reacción debe ser de 10 a 15 minutos.

Si se quiere llevar a cabo con éxito la cloración, el cloro debe agregarse de manera que se mezcle con igual y completamente con toda el agua a tratar, se recomienda siga la dirección del flujo siendo continuo el proceso y que se aplique en cantidad suficiente para la clase de agua que se este tratando según las condiciones prevalecientes y para que se llegue a verificar el grado de tratamiento que se desee.

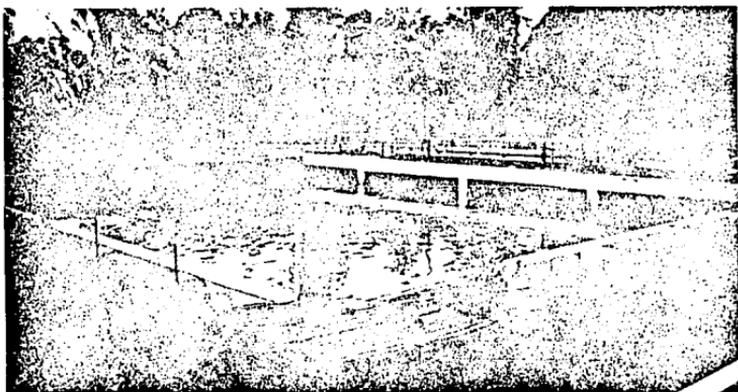
En el diseño de los sistemas de cloración se prevé el mezclado adecuado y la continuidad de la aplicación, la cantidad del cloro suficiente, varia en los diferentes abastecimiento de agua y conocerla es una de las obligaciones primordiales del operador.

Propiedades físicas y químicas del cloro.

El cloro es un elemento químico que no es explosivo ni inflamable ya sea en el estado líquido o en el gaseoso. El cloro es



Fotografía 3.17 Tanque de contacto de cloro, las mamparas es con el objetivo de realizar con eficiencia la mezcla agua-cloro. Planta de Tratamiento San Luis Tlaxiátemalco, D.F.



Fotografía 3.18 Tanque de almacenamiento de agua residual después de ser desinfectada, y de este tanque se distribuye principalmente a la zona de rescate ecológico de Xochimilco. Planta San Luis Tlaxiátemalco, D.F.

soluble en el agua y el gas tiene un olor característico y un color verde-amarillo, es dos veces y medio más pesado que el aire por lo que llega a escapar de un recipiente cerrado dirigiéndose hacia los niveles más bajos, permaneciendo en ella hasta que se efectuó la ventilación adecuada.

El cloro líquido es dos veces y media más pesado que el agua a la presión atmosférica; hierve a -1°C y se congela a -65°C . Un volumen de cloro líquido, al vaporizarse, producirá aproximadamente 460 volúmenes de gas. El gas cloro es altamente irritante de las vías respiratorias, las mucosas (ojos, nariz, boca) y la piel. En casos extremos cuando una persona es expuesta a respirar gas cloro, la dificultad para respirar puede aumentar a tal punto que se puede morir por asfixia. El cloro líquido al entrar en contacto con la piel o con los ojos producirá quemaduras que irán de leves a graves dependiendo del grado y tiempo de exposición. El olor característico del cloro gas es advertencia sobre su presencia. El cloro no es inflamable ni explosivo pero favorece la combustión.

Acción corrosiva:

En presencia de la humedad existen altas condiciones de corrosión como resultado de los ácidos hipoclorosos que reaccionan. Se deben tomar todas las precauciones necesarias para mantener el cloro y el equipo libre de humedad. Nunca se debe usar el agua para combatir una fuga de cloro por que pueden producir condiciones corrosivas y siempre la fuga se hace más grave.

Desinfección por calor.

La elevación de la temperatura del agua hasta su punto de ebullición le proporcionara la desinfección. Debido a que ninguna de las enfermedades hidricas peligrosas es causada por bacterias formadores de esporas o por otros organismos resistentes al calor.

esta constituye una práctica segura y recomendable cuando hay dudas sobre la seguridad del agua potable. También se recurre a ella como una medida de emergencia, bajo la forma de órdenes de hervir el agua, emitidas por las autoridades encargadas de la sanidad y control del agua. La sustitución de las relaciones tiempo-temperatura que son satisfactorias para la pasteurización de la leche y otras bebidas, deberá ser igualmente efectiva en los casos en que se pueda controlar la temperatura en forma apropiada.

En inexcusable la demora en implantar las ordenes de hervir el agua cuando se ha puesto en peligro la seguridad del agua por accidente o cuando se encuentra bajo sospecha por alguna otra razón; es criminal esta falla. La desinfección por calor es muy efectiva pero es costosa y daña el sabor del agua al quitar el oxígeno disuelto y las sales disueltas.

Desinfección por radiación ultravioleta

La acción desinfectante de la radiación ultravioleta es bastante fuerte siempre que los organismos estén efectivamente expuestos a la radiación. Por esta razón es necesario asegurarse que no haya turbidez y que las dosis se incrementen para permitir la absorción de la radiación ultravioleta por los compuestos orgánicos presentes en el flujo. El agua que a desinfectar fluye entre los tubos de descarga de arco de mercurio y tubos reflectores de metal pulidos, lo que produce una desinfección eficiente con un tiempo de retención de unos cuantos segundos, aunque la demanda de energía es más bien alta. Como ventajas de la desinfección ultravioleta se puede mencionar que no hay formación de sabores y olores, su mantenimiento es mínimo y un control automático sencillo, sin peligro de una sobredosis. Sus ventajas son que no queda ningún residuo, y desventajas su alto costo y que el agua debe tener gran claridad.

Desinfección por ozono (ozonación).

El ozono es un producto empleado en forma extensiva en Europa para la desinfección del agua potable, habiendo incrementado su popularidad recientemente para la desinfección de las aguas residuales. En los E.U. su empleo se ha visto restringido debido, entre otras cosas, a que su empleo no garantiza un poder residual de desinfección como en el caso del cloro, aunque se ha empleado como un pretratamiento de desinfección, para reducir la aplicación del cloro exclusivamente a cantidades que garanticen un residual en el efluente.

Por otra parte, el empleo de ozono puede presentar ciertas desventajas en comparación con el cloro, una de ellas es que el ozono no puede almacenarse, sino que se genera de aire u oxígeno filtrado y seco en el sitio de aplicación y el único método práctico para descargas eléctricas producidas por dos electrodos de alto potencial, que convierten al oxígeno en ozono, lo que representa un alto consumo de energía eléctrica.

Por otra parte, ya que el ozono es generado "in situ" y empleado en bajas concentraciones, representa mucho menor peligro en su aplicación que el cloro, asimismo, el ozono tiene un olor penetrante y distintivo que lo hace detectable a concentraciones que aún no resultan tóxicas para el ser humano.

En cuanto a las eficiencias, el elevado poder oxidante de ozono lo hace un elemento germicida de gran efectividad, el ozono destruye o inactiva a prácticamente el 100% de virus, bacterias y otros patógenos presentes en las aguas residuales. Asimismo el ozono es muy efectivo en la remoción de olor, sabor y color del agua tratada.

Desinfección por ozono (ozonación).

El ozono es un producto empleado en forma extensiva en Europa para la desinfección del agua potable, habiendo incrementado su popularidad recientemente para la desinfección de las aguas residuales. En los E.U. su empleo se ha visto restringido debido, entre otras cosas, a que su empleo no garantiza un poder residual de desinfección como en el caso del cloro, aunque se ha empleado como un pretratamiento de desinfección, para reducir la aplicación del cloro exclusivamente a cantidades que garanticen un residual en el efluente.

Por otra parte, el empleo de ozono puede presentar ciertas desventajas en comparación con el cloro, una de ellas es que el ozono no puede almacenarse, sino que se genera de aire u oxígeno filtrado y seco en el sitio de aplicación y el único método práctico para descargas eléctricas producidas por dos electrodos de alto potencial, que convierten al oxígeno en ozono, lo que representa un alto consumo de energía eléctrica.

Por otra parte, ya que el ozono es generado "in situ" y empleado en bajas concentraciones, representa mucho menor peligro en su aplicación que el cloro, asimismo, el ozono tiene un olor penetrante y distintivo que lo hace detectable a concentraciones que aún no resultan tóxicas para el ser humano.

En cuanto a las eficiencias, el elevado poder oxidante de ozono lo hace un elemento germicida de gran efectividad, el ozono destruye o inactiva a prácticamente el 100% de virus, bacterias y otros patógenos presentes en las aguas residuales. Asimismo el ozono es muy efectivo en la remoción de olor, sabor y color del agua tratada.

De igual forma que en la cloración, la efectividad del ozono depende de la presencia o ausencia de contaminantes que interfieren en su acción oxidante, como puede ser el caso de la turbiedad y la cantidad de materia orgánica e inorgánica oxidable. La confiabilidad de este proceso es muy alta en tanto no se presenten variaciones de concentración en la cantidad y calidad del efluente al proceso.

Por otra parte, aunque el ozono es muy efectivo como agente desinfectante, tiene las desventajas de decaer rápidamente y por lo tanto no permite garantizar una protección desinfectante residual. Para evitar este fenómeno es necesario adicionar cloro al agua tratada, para prevenir que se contamine de nuevo.

**TABLA 3.1 REMOCION DE BACTERIAS
POR DIFERENTES PROCESOS.**

PROCESO DE TRATAMIENTO	% DE REMOCION
REJILLAS O CRIBAS	0.0% A 20.0%
TANQUE DESARENADOR.	10.0% A 25.0%
SEDIMENTACION PRIMARIA.	25.0% A 70.0%
FILTROS GOTEADORES.	90.0% A 95.0%
LODOS ACTIVADOS.	90.0% A 95.0%
COAGULACION-FLOCULACION.	95.0% A 98.0%
FILTRACION.	95.0% A 98.0%
CARBON ACTIVADO.	95.0% A 98.0%
OSMOSIS INVERSA.	95.0% A 98.0%
DESINFECCION.	98.0% A 99.0%

3.8 TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LODOS.

La ciudad de México tiene una situación deficitaria en lo que respecta primero, a la disponibilidad del agua dedicada a la conservación y ampliación de las zonas recreativas y en segundo, al permanente incremento del agua destinada a usos industriales.

La solución de estos 2 importantes problemas radica en la utilización del agua de los efluentes de las plantas de tratamiento de agua residual del drenaje público, evitando en esta forma la importación de significativas cantidades de agua de calidad potable para poder atender los 2 problemas planteados.

Si bien los procesos de tratamiento sirven para atender los requerimientos de mantenimiento de las zonas recreativas y en creciente escala la demanda industrial, no se han adaptado a la fecha procedimientos para el tratamiento y manejo adecuado de los lodos que se generan en las plantas de tratamiento del D.F.

En la actualidad el 75% aproximadamente de lodos se descargan, sin ninguna clase de tratamiento, en los sistemas de drenaje combinado adyacentes a las zonas donde operan las plantas de tratamiento, situación que no constituye, de ninguna manera, una solución recomendable para este problema. En la operación de las plantas de tratamiento de agua residual se obtiene además de agua tratada una serie de subproductos como:

- a) Materiales gruesos eliminados en el tratamiento preliminar.
- b) Materiales inertes que se sedimentan en los tanques desarenadores.

c) Materiales flotantes o natas que se forman en la superficie de los tanques de desarenación:

d) Sólidos que se asientan en el fondo de los tanques de sedimentación primaria:

e) Flóculos biológicos eliminados en las tolvas de los tanques de sedimentación secundaria.

A los últimos 2 se les conoce con el nombre genérico de lodos de las plantas de tratamiento de agua residual y normalmente tienen la forma de una masa viscosa o líquido espeso con un alto contenido de sólidos. De los subproductos mencionados los lodos son los que mayor volumen ocupan y su tratamiento y eliminación es uno de los problemas muy estudiados en el campo del tratamiento del agua residual. Contienen de un 93% a un 99.5% de agua.

Infortunadamente, las plantas de tratamiento de agua residual que opera la DGCOH así como otras plantas similares en el país carecen en su mayoría de instalaciones para el tratamiento de los lodos o bien se cuenta con el equipo pero no operan. Esto ha originado que estos subproductos se acumulen dentro de las mismas plantas y que finalmente, en forma inadecuada, sean descargados al drenaje o cuerpos hidrológicos superficiales causando problemas sanitarios y de salud pública, azolve de ductos, olores desagradables y otras molestias al ambiente.

Para llevar a cabo el manejo y eliminación de los lodos que se generan en el tratamiento de agua residual de una manera efectiva, se dispone de diversas operaciones y procesos unitarios, no obstante, para poder seleccionar los procesos más adecuados es necesario conocer las características y las cantidades de lodos a tratar.

Con el propósito de conocer en forma preliminar el volumen de lodos que se producen actualmente en las plantas de tratamiento de la DGCOR, y que finalmente se descarga al sistema de drenaje sin recibir un tratamiento previo, se tiene estimado que son aproximadamente 37,240 kg/día.

Estas plantas de tratamiento producen lodos primarios y lodos secundarios. En la cuantificación de los volúmenes de lodos primarios juegan un papel importante:

- a) Características del agua residual por tratar.
- b) Características de operación del sedimentador primario.
- c) Contenido de humedad y la fracción de sólidos sedimentables.

Asimismo, los volúmenes de lodos secundarios dependen principalmente de su contenido de humedad y de la fracción seca de los sólidos totales.

Tipos y características de lodos.

En los sistemas de tratamiento de agua residual se producen los siguientes tipos de sólidos y/o lodos:

a) Sólidos retenidos en las cribas o rejillas de tratamiento preliminar. Incluyen todo tipo de materiales orgánicos e inorgánicos que son demasiado grandes para pasar a través de las rejillas.

b) Sólidos sedimentados en los desarenadores. Este material está compuesto por los sólidos inorgánicos e inertes que sedimentan a velocidades relativamente altas.

c) Natas. Formados por materiales flotantes en la superficie de los tanques de sedimentación primaria, digestión anaerobia y otras unidades.

d) Lodos primarios. - Son los lodos extraídos de las tolvas de los sedimentadores primarios, generalmente son viscosos, de color

grisáceo y en la mayoría de los casos tienen olor desagradable, pueden ser rápidamente digeridos bajo condiciones adecuadas.

e) Lodos de precipitación química.- Son los lodos de los tanques de sedimentación química y generalmente son de color oscuro, aunque este puede variar según sus componentes químicos. Su olor puede ser desagradable pero no tanto como el de los lodos primarios.

f) Lodos activados.- Los lodos activados generalmente tienen una apariencia floculante de color café. Los lodos activados en buenas condiciones tienen olor inofensivo, en cambio si llegan o tienden a descomponerse presentan un olor desagradable de putrefacción.

g) Lodos de filtros goteadores.- Son los lodos producidos en los filtros goteadores y se les llama también humus, son de color café, floculantes y relativamente inofensivos en olor cuando están frescos.

h) Lodos digeridos aerobiamente. Los lodos digeridos aerobiamente, tienen apariencia floculante y un color café oscuro, su olor es inofensivo y cuando están bien digeridos se deshidratan con cierta facilidad.

i) Lodos digeridos anaerobiamente.- Tienen un color entre oscuro y negro. Cuando han sido digeridos completamente no tienen olor desagradable.

j) Lodos sépticos.- Son los lodos contenidos en los tanques sépticos tienen un color casi negro y un olor desagradable debido al sulfuro de hidrógeno y otros gases, a menos que hayan sido digeridos correctamente mediante un largo almacenamiento.

Para tratar y eliminar definitivamente los sólidos y los lodo producidos en las plantas de tratamiento de agua residual de manera más efectiva, es importante conocer sus características físicas, químicas y biológicas, estas varían dependiendo del origen de los sólidos y lodos y el tipo de tratamiento a que han estado sujetos.

A continuación se presenta una descripción de las operaciones y procesos más comunes para el tratamiento y disposición de los lodos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales.

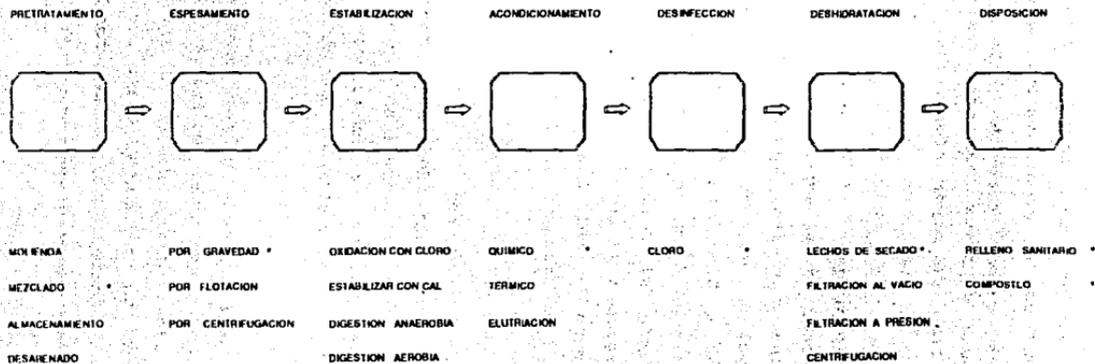
Espesamiento.

El espesamiento es un proceso que se emplea para incrementar el contenido de sólidos de los lodos eliminando una parte de su fracción líquida (agua). La reducción del volumen de los lodos obtenida mediante el espesamiento es de gran beneficio para los procesos subsecuentes a este, tales como, digestión, deshidratación, secado e incineración. A partir de este espesamiento se puede obtener la optimización de: La capacidad de tanques y equipo, la cantidad de compuestos químicos requeridos para el acondicionamiento, la cantidad de calor requerido por los digestores y la cantidad de combustible auxiliar requerido para el secado e incineración de los lodos. Los tipos principales de espesamiento se llevan a cabo por: gravedad, espesamiento por flotación y espesamiento por centrifugación.

Espesamiento por gravedad.

El espesamiento por gravedad se realiza en un tanque cuyo diseño es similar a los tanques convencionales de sedimentación. Su mecanismo a base de soportes y armaduras permite que el lodo diluido que recibe se sedimente y compacte para poder extraerlo del fondo del tanque y enviarlo a los equipos de digestión o

FIG. 3.5 ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LODOS.



* EN OPERACION EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL DISTRITO FEDERAL.

deshidratación según se requiera. Estos tanques deberán proyectarse si es posible, como unidades de almacenamiento que permitan el amortiguamiento de las cargas pico de sólidos. Aunque el espesamiento por gravedad se puede usar para cualquier tipo de lodos, su empleo ha sido de mayor efectividad en los lodos primarios.

Espesamiento por flotación.

La variación más conocida del espesamiento por flotación, es la que se lleva a cabo con aire disuelto y que consiste en suministrar aire a un volumen de lodo hasta alcanzar una presión elevada de (2.81 kg/cm² a 5.32 kg/cm²) cuando este volumen se despresuriza, libera aire en forma de pequeñas burbujas que suben al lodo hasta la superficie del recipiente en que se encuentra. Una vez que el lodo ha llegado a la superficie, podrá ser separado. Este tipo de espesamiento ha sido más eficiente para lodos de exceso resultante de los procesos biológicos como los lodos activados.

Espesamiento por centrifugación.

El espesamiento por centrifugación consiste en la sedimentación de las partículas contenidas en un lodo bajo la influencia de fuerzas centrifugas. La centrifugación se ha usado tanto en el espesamiento de lodos como en deshidratación.

Estabilización.

La estabilización de lodos es un proceso cuyos objetivos son:

- Reducir la masa de microorganismos patógenos presentes en los lodos.
- Eliminar los olores desagradables.
- Inhibir, reducir o eliminar su putrefacción.

En realidad el éxito que tenga cada uno de estos objetivos esta intimamente relacionado con la reducción de orgánica o volátil que se lleve a cabo en la operación de este

proceso. Los tipos de estabilización de lodos más comúnmente usados son: La oxidación con cloro, La estabilización con cal, la digestión aerobia y la digestión anaerobia. Siendo las 2 últimas las que mayor impulso han recibido en la práctica e investigación.

Oxidación con cloro.

Este proceso consiste en la oxidación química del lodo con altas dosis de gas cloro. La estabilización por este medio, permite la reducción de los organismos responsables de las condiciones molestas como olores desagradables. Se ha observado que los lodos resultantes de este proceso deshidratan bien en lechos de secado (arena).

Estabilización con cal.

El proceso de estabilización con cal es simple y sus ventajas sobre otros procesos son de bajo costo y su simplicidad de operación. El proceso consiste en la adición de cal al lodo por tratar en cantidad suficiente para elevar el pH a un valor de 12 o más. El incremento del pH, sea un medio que no es apropiado para la sobrevivencia de los microorganismos presentes en el lodo, por lo tanto, este no entrara en la etapa de putrefacción (fermentación anaerobia), ni creara olores desagradables que puedan ser riesgosos a la salud pública. La principal desventaja de este proceso consiste en que para mantener un pH elevado se requerirán grandes dosis de cal, por lo que se recomienda eliminar el lodo antes que baje el pH para evitar problemas de putrefacción, además de aumentar el peso de lodos (al aumentar los sólidos suspendidos).

Digestión anaerobia.

La digestión anaerobia consiste en la degradación biológica de sustancias orgánicas complejas en ausencia de oxígeno libre. A lo largo de varias reacciones se libera energía y gran parte de

materia orgánica se convierte en gases como el metano, dióxido de carbono y agua, quedando disponibles muy poco carbón y energía, lo que evita la actividad biológica adicional, por lo que los sólidos remanentes se consideran estables. Las principales ventajas de la digestión anaerobia sobre estos procesos de estabilización son las siguientes:

a) Producción de metano. - una fuente útil de energía que puede satisfacer la demanda de los digestores para su calentamiento.

b) Reducción del volumen total de lodo. - Lo cual se logra por medio de la conversión de la materia orgánica a metano, dióxido de carbono y agua. Esto permite reducir el costo de las unidades subsiguientes de tratamiento.

c) Reducción de organismos patógenos. - Los microorganismos presentes en el lodo pueden causar enfermedades al hombre. Estos se reducen notablemente durante los tiempos de retención grandes empleados en la digestión anaerobia. Valores típicos de 30 a 60 días son reportados por la digestión anaerobia convencional.

d) Reducción de sus costos de operación en relación a los de la digestión aerobia.

Las principales desventajas de la digestión anaerobia son las siguientes:

a) Altos costos de capital. - Se requieren tanques de digestión de dimensiones considerables, cerrados y adaptados con sistemas de calentamiento y mezclado de lodos.

b) Susceptibilidad. - Los microorganismos responsables de la digestión anaerobia son altamente sensibles a cambios en su medio.

c) Pobre calidad del afluente. - El sobrenadante de los tanques de digestión anaerobia con frecuencia tienen altas concentraciones de DBO, Nitrógeno y sólidos suspendidos.

La digestión anaerobia tiene 3 variantes principales:

- a) Digestión convencional o de tasa normal.
- b) Digestión rápida o de alta tasa.
- c) La digestión en dos etapas.

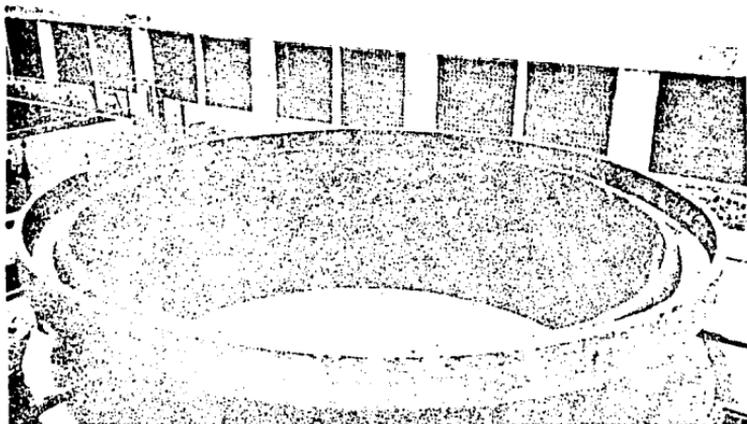
Digestión aerobia.

La digestión aerobia es un proceso alternativo para estabilizar lodos orgánicos producidos en varias operaciones de tratamiento. Se pueden emplear para tratar lodos activados; mezclas de lodos secundarios activados ó lodos sobrantes de filtros goteadores con lodos primarios; y lodos secundarios de plantas de tratamiento proyectadas sin sedimentación primaria. Hasta ahora la digestión aerobia ha sido empleada básicamente en plantas pequeñas en el extranjero, y en México en el D.F. en la Planta de Tratamiento de San Luis Tlaxiátemalco.

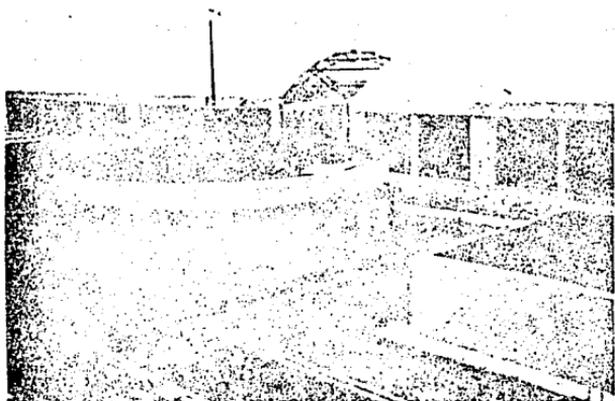
Las principales ventajas de la digestión aerobia sobre otros procesos de estabilización, particularmente la digestión anaerobia son:

- a) Menores costos de capital comparados con la digestión anaerobia, únicamente es válido para plantas menores de 200 lts/seg.
- b) Factibilidad relativa de operación en relación a la digestión anaerobia.
- c) No genera olores desagradables.
- d) Produce un sobrante bajo en DBO, sólidos suspendidos y nitrógeno amoniacal.

La principal desventaja de este proceso esta representada por sus altos costos de operación, específicamente de potencia para el suministro de oxígeno, aun en plantas pequeñas. Los factores que deben ser considerados para el proyecto de los digestores aerobios incluyen: El tiempo de residencia hidráulico, las cargas de



Fotografía 3.19 Tanque digestor de lodos en etapa de construcción. Planta de Tratamiento San Luis Tlaxiátemalco, D.F.



Fotografía 3.30 Tanque digestor de lodos en funcionamiento. Planta de Tratamiento San Luis Tlaxiátemalco, D.F.

sólidos, los requerimientos de oxígeno, los requerimientos de energía para la mezcla, las condiciones ambientales y el proceso de operación.

Acondicionamiento.

El acondicionamiento de los lodos es un pretratamiento de estos, que tiene como propósito ayudar en la remoción del agua en los procesos de espesamiento o deshidratación. Además el acondicionamiento puede tener un efecto estabilizante en el lodo y de esta manera controlar la emisión de lodos desagradables. Los métodos más comúnmente empleados y estudiados son: el acondicionamiento químico, el tratamiento térmico y la Elutriación muy empleada en E.U.

Acondicionamiento químico.

El acondicionamiento químico de los lodos es un proceso que consiste básicamente en 2 etapas: La primera consiste en la desestabilización de las partículas y la segunda en la floculación de las mismas.

En la desestabilización de las partículas superficiales de las partículas que componen el lodo se altera de tal manera que puedan adherirse una a otra, lo cual se lleva a cabo mediante el empleo de acondicionadores químicos orgánicos e inorgánicos. La floculación es el proceso que permite la unión de las partículas desestabilizadas mediante un mezclado suave, de tal manera que puedan formarse aglomerados. La dosis de acondicionadores químicos requeridas para cualquier lodo, se debe determinar en el laboratorio mediante pruebas.

Tratamiento térmico.

El tratamiento térmico de los lodos es un proceso empleado

tanto en el acondicionamiento como en la estabilización de los lodos que consiste en calentarlos aplicándoles determinadas presiones. Los procesos más conocidos de tratamiento térmico son: El Porteus y el Zimpro.

En el Porteus, los lodos son calentados mediante vapor a temperatura de $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ bajo presiones de 10.2 kg/cm^2 a 14.4 kg/cm^2 en un periodo aproximado de 30 minutos. En el proceso Zimpro, el lodo es tratado en forma similar al anterior, solo que aquí el lodo para tratar es inyectado con aire a los reactores donde a su vez es calentado con vapor a temperaturas de operación de $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $315\text{ }^{\circ}\text{C}$ a presiones de 10.2 kg/cm^2 a 20.4 kg/cm^2 .

Las principales ventajas de este proceso son las siguientes:

- a) Producción de excelentes concentraciones de sólidos en la deshidratación de lodos (30% a 50% de sólidos)
- b) Esterilización del lodo.
- c) Incremento del valor calorífico del lodo cuando va a ser incinerado.
- d) Es apropiado para lodos que no puedan ser esterilizados biológicamente.

Entre sus desventajas se incluyen:

- a) Altos costos de capital
- b) El requerimiento de personal calificado en su operación.

Elutriación.

La palabra elutriación significa purificar por lavado. En el tratamiento de lodos significa extraer de los lodos, por medio de agua o efluentes de plantas de tratamiento los compuestos amoniacos o amoniacales que se encuentran en cantidades excesivas para disminuir la demanda de coagulante. Por lo tanto, se usa como un

pretratamiento antes de la coagulación del lodo con productos químicos. Si se lleva a cabo el mezclado de lodos con agua o con efluente de la planta durante un periodo muy corto, a menudo inferior a 20 segundos, por medio de agitación mecánica o por aire difundido. Entonces se deja sedimentar y el sobrenadante se regresa al proceso de tratamiento de aguas residuales.

El proceso se lleva a cabo en tanques similares a los de sedimentación, generalmente por pares, en los que los lodos y el agua de lavado entran por extremos opuestos. La tubería y los canales están dispuestos en tal forma que el agua de lavado que entra al segundo tanque ya se ha puesto en contacto con los lodos que han sido lavados en el primer tanque con aguas de lavado del segundo tanque. La cantidad de agua que se requiere es el doble o triple del volumen de lodos que se este elutriando.

La elutriación presenta las siguientes ventajas:

- a) Una disminución del 65% al 80% en la cantidad de productos químicos necesarios para el acondicionamiento.
- b) Un menor contenido de cenizas en la torta del filtro.
- c) Se requiere poca o ninguna cal como producto acondicionador.

Como sucede en estos casos, salen a relucir los costos, por lo que, el costo del equipo, el de operación y disposición de sus aguas, deberán balancearse contra los ahorros en productos químicos.

Desinfección.

La desinfección en los lodos al igual que en el agua tratada es únicamente para eliminar los organismos patógenos, y para los lodos se hace con cloro, el cual ofrece eficiencia y facilidad de manejo.

Deshidratación.

La deshidratación es la operación unitaria física que se usa para eliminar el contenido de humedad del lodo y reducir su volumen a un grado en que los costos de capital y operación de los procesos subsiguientes disminuyan, tal es el caso de los costos de transporte y acarreo a los sitios de eliminación final. La deshidratación suele requerirse antes de enviar los lodos a un incinerador para incrementar su valor calorífico mediante la extracción de la humedad. También suele requerirse antes de enviar los lodos a rellenos sanitarios para evitar la producción de lixiviados en los sitios de eliminación final. Empero, la deshidratación es tan sólo un componente del sistema de tratamiento de lodos y deberá buscarse la optimización de su funcionamiento y la minimización de sus costos totales. Los procesos de deshidratación más importantes son:

- a) Los lechos de secado.
- b) Filtración al vacío.
- c) Filtración con presión.
- d) La centrifugación.

La selección de alguno de estos procesos está determinada por el tipo de lodo, los recursos económicos, el espacio disponible y las etapas subsiguientes del procesamiento.

Lechos de secado de lodos.

Son áreas niveladas, recubiertas de arena, la que se soporta a una capa de grava graduada que descansa sobre un sistema de drenaje perfeccionado. Su propósito es recibir los lodos digeridos para que se deshidraten o sequen por percolación del agua a través del lecho de arena y por su evaporación a la atmósfera. Cuando el sistema de drenaje lo permite las aguas que filtran a través de la arena y la grava se incorpora a las aguas residuales crudas que alimentan el tanque. (Fotografía 3.22).

Debe determinarse experimentalmente cual es el espesor conveniente de la capa de lodos en proceso de secado. En clima seco

es posible que se pueda secar rápidamente una capa de 30 cms. de espesor. No deben vaciarse lodos húmedos sobre secos o parcialmente secos. Antes de recibir los lodos húmedos deben limpiarse los lechos para eliminar los restos de lodos secos, basura, vegetación, etc. por lo general bastan unas dos semanas de secado. Los lodos digeridos secos constituyen un buen abono o fertilizante que puede utilizarse en prados y jardines municipales o en la agricultura particular con la advertencia al público que lo aproveche que no debe emplearlo en hortalizas o legumbres que se consumen crudas.

Filtración al vacío.

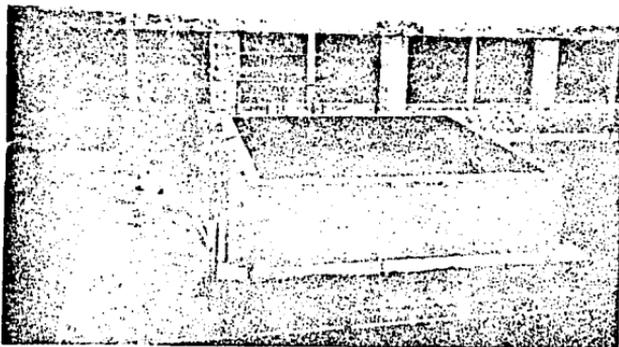
La filtración al vacío es la operación unitaria que consiste en reducir el contenido de agua del lodo ya sea crudo, digerido o elutriado, de tal manera que su concentración de sólidos se incremente hasta un rango de 20% a 30%. Con este gran porcentaje de sólidos, el lodo del agua residual se convierte en una pasta húmeda de fácil manejo.

El funcionamiento de los filtros al vacío está afectada por el tipo y edad del lodo, el tratamiento previo, el medio filtrante seleccionado y la temperatura del lodo a filtrar. El funcionamiento de los filtros al vacío se mide en términos de sólidos producidos o filtrados. La filtración produce un líquido con baja concentración de sólidos y además no requiere personal especializado para su operación. Algunas de sus desventajas son:

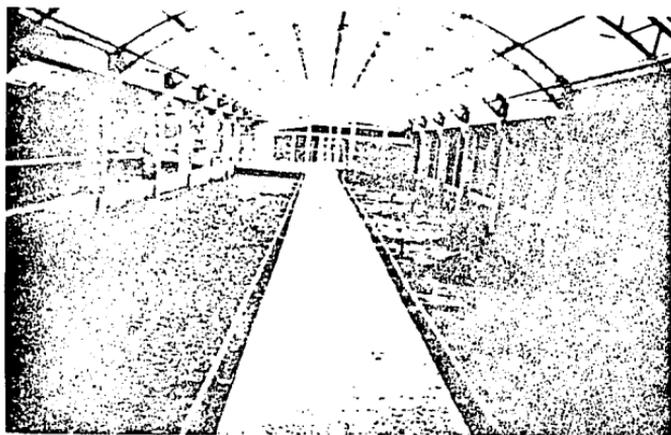
- a) Altos consumos de energía.
- b) Personal especializado y constante.

Filtración a presión.

La filtración a presión como su nombre lo indica, es el proceso de deshidratación mediante el cual el lodo es forzado a



Fotografía 3.21 Tanque de espesamiento de lodos, tiene el objetivo de eliminar la mayor parte de agua contenida en el lodo. Planta San Luis Tlaxiátemalco. D.F.



Fotografía 3.22 Lechos de secado de lodos, se observa la tubería por la cual se conduce y distribuye el lodo, a la izquierda el lodo se encuentra al 100 % de su secado y a la derecha el lodo preparado para utilizarse como fertilizante. Planta San Luis Tlaxiátemalco. D.F.

presión para eliminar gran parte de su contenido de agua. Los filtros a presión o filtros prensa más empleados son: Los filtros prensa de placas suspendidas y los filtros prensa horizontales de bandas.

Centrifugación.

La centrifugación es un proceso ampliamente usado en la industria para separar líquidos de diferente densidad, especialmente de fluidos o remoción de sólidos. En el tratamiento de agua residual se emplea para la deshidratación de los lodos con objetivos similares a otros mecanismos de deshidratación, estos es: la producción de una pasta con alta concentración de sólidos y la obtención de un efluente claro. Los tipos de centrifugas más comunes para la deshidratación son: La centrifuga perforada tipo canasta y la centrifuga convencional en forma de tazón

Las ventajas principales de la centrifuga tipo canasta son: el hecho de no requerir de un acondicionamiento químico previo, los bajos costos de operación y el no ser afectados por el material que no fue removido en los canales de desarenación. Con este tipo de centrifugas se puede tener una eficiencia hasta de 90% en la captura de sólidos.

Las ventajas de la centrifuga convencional en forma de tazón son:

- a) Alta concentración de sólidos obtenida en la pasta.
- b) Poca generación de olores desagradables.
- c) Bajos cocientes de costo de capital/capacidad.

No obstante también presenta algunas desventajas como el continuo mantenimiento requerido por el transportador rotatorio y los daños causados por el material que no se elimina en el tratamiento preliminar del agua residual. La fracción sólida

resultante es un lodo que generalmente contiene de un 75% a un 80% de humedad.

Transporte y almacenamiento de lodos.

Los lodos tanto crudos como estabilizados resultantes del tratamiento del agua residual, tienen que ser eliminados definitivamente al ambiente y se debe procurar que ello no represente un peligro a la salud pública y al mismo ambiente.

Los lodos pueden transportarse a los sitios de eliminación mediante 4 métodos:

- a) Por bombeo.
- b) Por transporte automotor.
- c) Por transporte marítimo.
- d) Por transporte ferroviario.

La elección del método de transporte así como sus costos, dependen primordialmente de los siguientes factores:

- a) La naturaleza, consistencia y cantidad de los lodos por transportar.
- b) La distancia existente entre el origen y destino.
- c) La vida útil estimada del sitio donde se va a realizar la eliminación definitiva.

En el proyecto, se deberá tomar en cuenta el desagüe del lugar donde se va a ubicar el relleno sanitario ya que los lixiviados producidos podrían causar la contaminación de los mantos acuíferos a los cuerpos superficiales de agua. Usualmente se dispone de las cenizas de los incineradores de lodos usándolas como materia de relleno.

Disposición de lodos.

El destino final de los lodos como de otros sólidos producidos en el tratamiento de agua residual, se puede realizar en el suelo o bien en el océano, en la ciudad de México este último no se

realiza por la distancia entre origen y destino. además en el extranjero ha perdido popularidad debido a las altas restricciones impuestas por la legislación ecológica internacional de protección al ambiente.

La aplicación de los lodos en el suelo tiene 2 objetivos:

- a) La eliminación definitiva de los lodos.
- b) El uso de los nutrientes y la materia orgánica para fertilizar los cultivos y recuperación de suelos. A continuación se describen brevemente las opciones para disponer de estos lodos.

Relleño sanitario.

Cuando se disponga de sitios apropiados, se pueden construir rellenos sanitarios para depositar lodos, grasas arenas y otros sólidos producidos en el tratamiento del agua residual. El método consiste en depositar en capas los residuos sólidos y el lodo en una área previamente preparada e impermeabilizada; compactándolos con algún tipo de maquinaria y cubrirlos definitivamente con algún material arcilloso con un espesor mínimo de 30 cms. Si el método se desarrolla correctamente, los problemas de olores desagradables o vectores biológicos serán mínimos.

Los otros elementos, aunque pueden ser no benéficos para las plantas, son componentes valiosos para la alimentación del hombre y los animales superiores. Son ejemplos: el yodo, flúor, cloro y sodio. También juegan un papel importante en el crecimiento de las plantas, las hormonas y las vitaminas.

Los sólidos de desecho producidos por las aguas residuales contienen muchos de los elementos fertilizantes. En competencia con los fertilizantes comerciales, se clasifican principalmente según su contenido de 3 sustancias: nitrógeno, fósforo y potasio. Como el

humus al que se asemejan. algunos sólidos residuales son también buenos formadores o acondicionadores de los suelos.

El nitrógeno es indispensable para la vida de las plantas, particularmente cuando se desea favorecer el desarrollo de las hojas. por esto es de gran valor fertilizar, pastos, rábanos, lechugas, espinacas y apio; el nitrógeno estimula el desarrollo de las hojas y tallos.

El fósforo es esencial en muchas etapas del desarrollo de los vegetales. acelera la madurez, fortalece el desarrollo de las raíces y aumenta la resistencia a las enfermedades.

El potasio es un factor importante para el crecimiento vigoroso. desarrolla las partes leñosas de los tallos y las pulpas de los frutos. Aumenta la resistencia a las enfermedades, pero retarda la madurez y además es necesario para la formación de clorofila.

Los lodos de las aguas residuales, secos o deshidratados son excelentes mejoradores o acondicionadores de suelos, además de que son buenos fertilizantes aunque incompletos, a no ser que se refuercen con nitrógeno, fósforo y potasio. El mejor producto son los lodos activados crudos secados por calentamiento, tanto desde el punto de vista químico como higiénico, aunque desprenden olor al usarlos.

Los lodos digeridos secados por calentamiento contienen mucho menos nitrógeno y son mucho más valiosos como acondicionadores de suelos y material y como material de construcción, que como fertilizantes. Para algunos cultivos estos lodos son deletéreos y son prácticamente inodoros cuando están bien digeridos.

Actualmente se cree que el factor de crecimiento de los lodos como acondicionadores de suelos, se debe al contenido de vitaminas y a su eficiencia como acondicionadores.

Se han hecho numerosos estudios, tanto en laboratorio como en cultivos reales, bajo condiciones controladas, para determinar el valor de los lodos de aguas residuales como fertilizantes.

El de sólidos o lodos de las aguas residuales está circunscrito por los riesgos higiénicos que pueden crear. Las bacterias, virus, protozoarios (quistes) y gusanos (huevos) patógenos pueden sobrevivir al tratamiento y al estar incluidos entre los sólidos residuales. No se destruyen por completo durante el curso normal de la digestión y secado al aire. Aún cuando el número de supervivientes decrece apreciablemente, solo se pueden considerar como totalmente seguros los sólidos secados por calor.

Composteo.

El composteo del lodo es el proceso de descomposición termofílica aerobia de la materia orgánica que da como resultado un producto relativamente estable, libre de molestias, y similar al humus. Sin embargo, un proceso de composteo se considera completo solo cuando el producto se puede almacenar sin causar molestias por olores desagradables y cuando los organismos patógenos han sido reducidos a un nivel en que el material se pueda manejar sin riesgo. El lodo que resulta del proceso de composteo puede emplearse como acondicionador de suelos pero su problema principal en otros países ha sido la escasez de un mercado para el producto final estabilizado.

En términos generales, la composta representa el producto final de la actividad combinada de poblaciones de bacterias y

actinomicetos y otros hongos que se encuentran asociados a diversos factores ambientales como la humedad, temperatura, pH, concentración de nutrientes y disponibilidad en el suministro de oxígeno. La mayoría de las operaciones de composteo consiste en 3 etapas básicas:

- a) La preparación de los residuos que van a ser composteados.
- b) La degradación de los residuos.
- c) El empaque y traslado del producto.

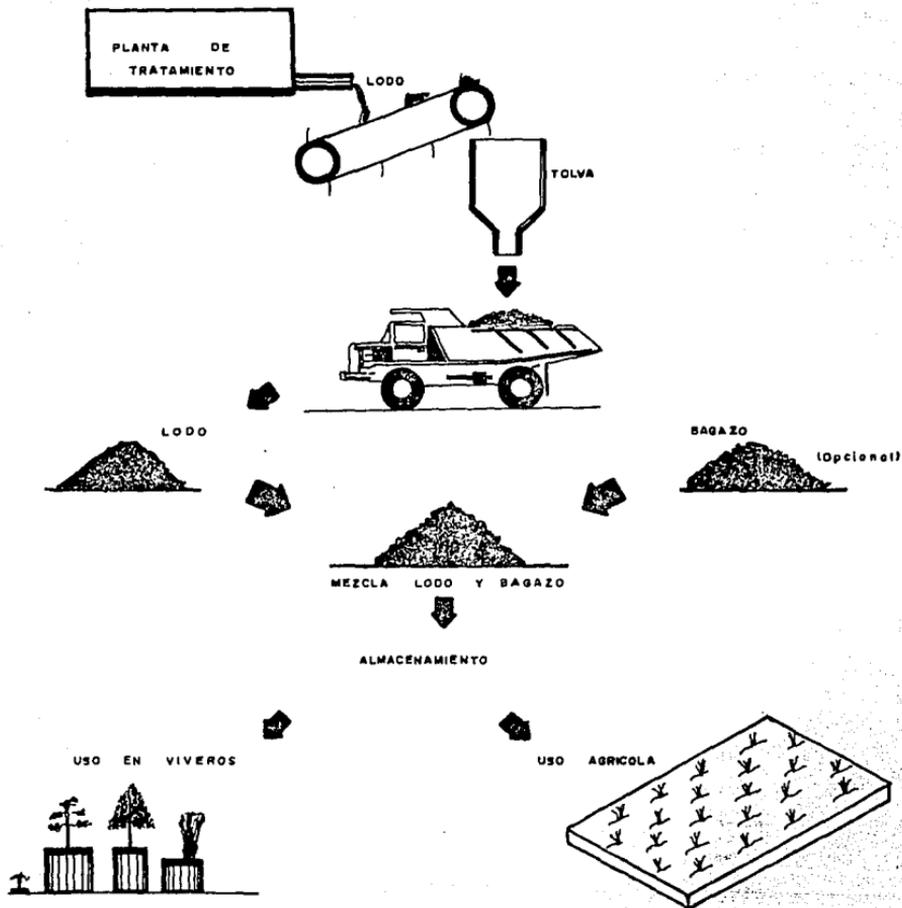
El composteo de lodos de agua residual son desechos domésticos, produce un material estable con buenas propiedades como acondicionador de suelos, pero con poca reducción de volumen. Por esta razón, la fabricación de composta solo es justificable si hay un mercado para el producto.

El lodo resultante del composteo o la deshidratación puede eliminarse en el suelo mediante su asperción en tierras de cultivo. El humus del lodo acondiciona el suelo y mejora la retención de su humedad.

TABLA 3.2 LODOS PRODUCIDOS EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL DISTRITO FEDERAL.

PLANTA DE TRATAMIENTO	AGUA TRATADA (M ³ /DÍA)	LODOS PRIMARIOS (KG/DÍA)	LODOS SECUNDARIOS (KG/DÍA)	TOTAL LODOS (KG/DÍA)
Chapultepec.	10,108.8	1,381.0	918.0	2,279.0
Ciudad Deportiva.	8,998.4	2,721.0	1,830.0	4,551.0
Coyoacán.	28,339.2	4,292.0	2,890.0	7,182.0
San Juan de Aragón.	27,993.6	3,217.0	2,163.0	5,380.0
Ciudad Universitaria.	2,592.0	204.0	192.0	396.0
Cerro de la Estrella.	224,985.6	8,080.0	5,425.0	13,485.0
Bosque de las Lomas.	2,332.8	105.0	94.0	199.0
Acueducto de Guadalupe.	5,616.0	295.0	231.0	526.0
Tlatelolco.	864.0	284.0	178.0	442.0
El Rosario.	1,900.8	280.0	185.0	465.0
San Luis Tlaxiátemalco.	4,406.4	411.0	320.0	731.0
Colegio Militar.	1,555.2	120.0	80.0	200.0
Reclusorio Sur.	2,160.0	145.0	96.0	241.0
Iztacalco.	950.4	58.0	49.0	107.0
Campo Militar No 1.	2,160.0	125.0	88.0	211.0
San Juan Ixtayopan.	1,296.0	104.0	59.0	163.0
Tetelco.	1,296.0	112.0	85.0	197.0
Abasco.	1,296.0	102.0	79.0	181.0
Parres.	604.8	39.0	36.0	75.0
Pamex.	1,728.0	84.0	68.0	152.0
Xicalco.	691.2	45.0	32.0	77.0
total	329,875.2	22,144.0	15,098.0	37,240.0

FIG. 3.6 DISPOSICION FINAL DE LODOS RESIDUALES.



3.9 MUESTREO Y ANALISIS.

Las actividades de muestreo constituyen un apoyo muy importante en el curso de un proceso de tratamiento de las aguas residuales, debido a que de su correcta ejecución depende, en gran medida, la confiabilidad de los resultados de análisis de laboratorio.

El objetivo del muestreo es obtener una muestra representativa de una determinada fase del proceso de tratamiento para que, a partir de los resultados de análisis, se pueden tomar decisiones que permitan un adecuado control operativo; una muestra no representativa puede conducir a errores en los resultados de análisis cuya interpretación puede ocasionar confusión durante la operación. Las actividades relacionadas con el muestreo constituyen un proceso integrado por 3 etapas:

- a) Toma de la muestra.
- b) Preservación.
- c) Traslado.

La toma de las muestras se deben realizar en los puntos más importantes de una planta de tratamiento como son:

- a) Influyente.
- b) Efluente del sedimentador primario.
- c) Tanque de aereación.
- d) Líneas de recirculación de lodos.
- e) Efluente del sedimentador secundario.
- f) Tanque de contacto de cloro.
- g) Efluente de la planta.

Las muestras deben ser representativas de las condiciones que existen en el punto y hora de muestreo y tener el volumen suficiente para efectuar los análisis de laboratorio. Las muestras pueden ser simples o compuestas; una muestra simple es aquella muestra individual tomada en corto periodo y de forma tal que el

tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para completar el volumen necesario.

Una muestra simple representa las condiciones en el momento del muestreo, este tipo de muestras se emplea comúnmente para las siguientes determinaciones:

- pH
- Temperatura.
- Cloro residual, libre y total.
- Oxígeno disuelto.
- Grasas y aceites.
- Coliformes fecales y totales.

Y en general cuando se requiere de la caracterización de un determinado punto de muestreo. Este tipo de muestra es útil cuando:

- a) El caudal no sufre variaciones significativas ni en la calidad ni en la cantidad a lo largo del día.
- b) Existen descargas instantáneas.
- c) Se tienen descargas intermitentes.

Los puntos en los que se sugiere tomar muestras simples en la planta de tratamiento son:

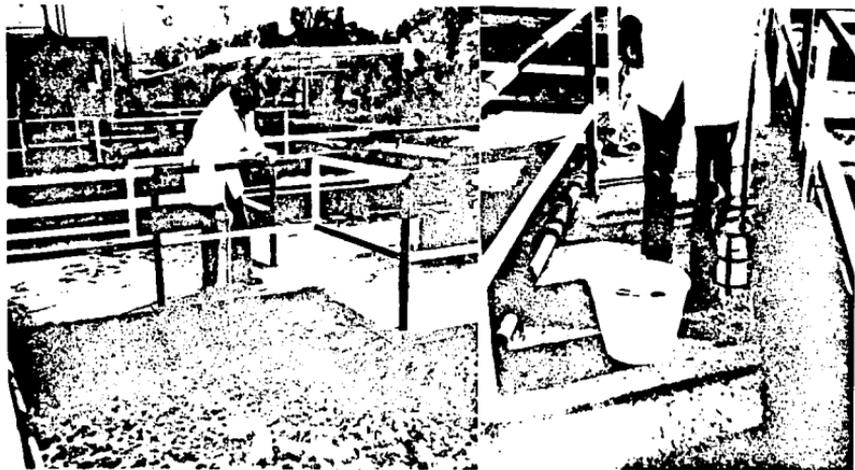
- a) Influyente.
- b) Efluente de la unidad de sedimentación primaria.
- c) Líneas de recirculación de lodos.
- d) Efluente de tanques de aereación.
- e) Efluente de la unidad de sedimentación secundaria.
- f) Tanque de contacto de cloro.
- g) Efluente.

Una muestra compuesta es la que resulta del mezclado de varias simples; existen muestras proporcionales al volumen y al gasto.

Para la preparación de una muestra compuesta proporcional al volumen se procede de la siguiente forma:

Se determina el volumen final de la muestra compuesta en base a los análisis de laboratorio a efectuar por ejemplo 5 litros.

Se establece el número de muestras a tomar ya sea fijando un número determinado de puntos o fijando el intervalo de tiempo entre cada muestra.



Fotografía 3.23a (izquierda) y 3.23b (derecha) Toma y traslado de la muestra para realizar el análisis de oxígeno disuelto. Planta de Tratamiento Acueducto de Guadalupe, D.F.



Fotografía 3.24 Toma de muestra para el análisis de sólidos totales del agua residual cruda, a la entrada del desarenador. Planta de Tratamiento Ciudad Universitaria, D.F.

Las muestras compuestas en una planta de tratamiento se tomaran cuando asi se requiera o en casos especiales en los siguientes puntos:

- a) Influyente.
- b) Efluente de sedimentación primaria.
- c) Efluente de tanques de aereación.
- d) Efluente de sedimentación secundaria.

Al efectuar el muestreo es extremadamente importante que ninguno de los componentes del agua se pierda o se agregue durante su colección y manejo de la muestra; por esta razón, tanto los equipos de muestreo como los recipientes usados para su manejo deben estar fabricados con materiales inertes como el vidrio o el polietileno.

Los recipientes generalmente usados son frascos de boca ancha de 2 litros ya sea de polietileno o de vidrio. Entre los dispositivos de muestreo más comunes se encuentra la botella lastrada, la cual consiste en una botella de vidrio o de polietileno, con lastre, un tapón y un soporte para subirlo o bajarlo.

Para el muestreo de lodos a diferentes profundidades se usa un muestreador Kemmerer o un aparato de polietileno, hierro fundido o bronce con contrapesas de plomo, el cual estara sujeto con una cadena que lleva marcas para marcar la profundidad y provisto de válvulas que operan mediante una cuerda, de manera que un tirón en la cuerda a la profundidad deseada abra las válvulas entrando el lodo por el fondo y escapando aire por la boca. También puede utilizarse un frasco de boca ancha sujeto a un vastago cuyo tapón puede desprenderse a la profundidad deseada mediante una cuerda atada a el.

Al tomar muestras de una línea de conducción, debe abrirse la válvula correspondiente y dejar escapar el líquido durante unos

segundos: esto garantiza que el contenido en la tubería se desaloje y que la muestra que se tome sea representativa.

Las muestras de lodos pueden tomarse en las líneas de conducción, en la descarga de un vertedor o en el efluente del tanque de aereación, según convenga. Es importante muestrear en zonas donde exista un buen mezclado; las botellas empleadas en estos casos son de boca ancha.

Preservación de las muestras.

Esta es la segunda fase del muestreo. La preservación tiene como objetivo prevenir que las muestras sufran cambios físicos, químicos o biológicos que alteren su composición desde el momento que son tomadas, hasta el análisis. Este comprende la adición de reactivos químicos con el objeto de inhibir las reacciones entre los diferentes elementos y compuestos existentes en el agua, o retardar su degradación; o bien la refrigeración a 4°C para retardar la acción bacteriana. Es importante señalar que la preservación de las muestras es indispensable cuando el tiempo entre el muestreo y análisis sea mayor de 6 horas.

Cuando una muestra ya sea instantánea o compuesta debe ser preservada con varios reactivos. Es conveniente repartirla en varias sub-muestras con el objeto de evitar las interacciones entre agentes preservadores. De igual manera si se analizan parámetros disueltos y suspendidos, parte de la muestra debe ser filtrada antes de la reacción de reactivos químicos.

Finalmente las muestras debidamente etiquetadas y en recipientes apropiados serán transportados al laboratorio para su análisis. Antes del transporte los tapones o tapas de los recipientes deberán fijarse adecuadamente para evitar su derrame.

Al establecer el programa de muestreo debe determinarse primeramente el objetivo del mismo. En este caso es llevar a cabo el control y optimización del proceso de tratamiento y medir la eficiencia de remoción de contaminante.

Técnicas de un muestreo representativo.

La muestra de cada corriente o depósito de agua residual debe tomarse en el mismo punto. De esta forma, los resultados pueden compararse de un día para otro. Es importante que antes que se proceda al muestreo, se identifique claramente el recipiente usado en cada punto de muestreo con el objeto de disminuir la posibilidad de confundir muestras de diferentes lugares entre sí.

Al inicio del muestreo se enjuaga cuidadosamente el dispositivo o recipiente de muestreo con el mismo líquido que va a muestrear. Se utiliza un dispositivo diferente para cada punto siempre que sea posible. Las muestras deben tomarse preferentemente donde exista un buen mezclado evitando los lugares cercanos a acumulaciones de sólidos o natas.

Las técnicas de muestreo se describen a continuación de acuerdo a cada parámetro por determinar; en todos los casos se recomienda el uso de guantes en los procedimientos de muestreo.

Muestra para análisis físicos y químicos generales.

El recipiente muestreador o dispositivo de muestreo atado con una cuerda o sujeto con un vástago, se introduce en el agua, se extrae del agua y se enjuaga con el agua colectada, esta misma agua sirve para enjuagar el recipiente para la muestra. Se introduce el dispositivo de muestra nuevamente y se toma la muestra definitiva pasándose esta al recipiente correspondiente.

Muestra para el análisis de grasas y aceites.

Este muestreo debe tomarse en frasco de vidrio de 1000 ml. de vidrio de boca ancha, previamente lavado y secado al aire con un solvente orgánico. Cuando se requiere una muestra para análisis de grasas y aceites superficiales o flotantes. La muestra se toma directamente en el punto de muestreo captando la película superficial de agua, esto es llenando el frasco de tal manera que no se derrame el agua.

Cuando se requiere una muestra para análisis de grasas y aceites flotantes y emulsionados, esta se tomara a 20 cms. ó 80 cms. de profundidad. En ambos casos una vez tomada la muestra se retira el recipiente y se tapa.

Muestra para análisis de materia flotante.

Se obtiene mediante un recipiente de aproximadamente 5 lts. de capacidad. No se debe permitir que el recipiente se llene completamente, para evitar que toda la materia flotante llegue a desmoronarse, se deja sedimentar la muestra durante 5 min. a 15 min. y se procede al análisis.

El análisis se realiza vertiendo aproximadamente $\frac{1}{3}$ partes de la muestra a través de la malla de 3 mm. de claro libre. Se examina la malla y se anota el resultado como presencia o ausencia de materia flotante.

Muestra para análisis de oxígeno disuelto.

La muestra de oxígeno disuelto de una agua que contiene sólidos suspendidos, como en el caso de una planta de tratamiento de aguas residuales requerira de un tratamiento previo, antes de realizar los análisis, para evitar interferencias que darán falsos resultados.

Muestra para análisis de fosfatos.

Se emplea el mismo método que para el muestreo de análisis físico-químico, pero en este caso el envase se lava con HCl diluido caliente y posteriormente con agua destilada. debe evitarse en la limpieza del material el uso de detergentes que contengan fosfatos.

Muestra para análisis de detergentes.

Deben evitarse condiciones espumosas o despejar las áreas antes del muestreo. No se deben utilizar detergentes en la limpieza del material ya que el vidrio puede absorber el detergente, causando error en la determinación por lo que es recomendable utilizar mezcla crómica o ácido sulfúrico.

Muestra para análisis bacteriológicos.

Esta muestra se obtiene directamente en un frasco de vidrio (previamente esterilizado) no menor de 125 ml. de capacidad de boca ancha, con tapón esmerilado. En caso de aguas cloradas se añaden 0.1 ml. de solución tiosulfato de sodio al 10% para contrarrestar la acción del cloro.

Se introduce al frasco con todo en el agua a una profundidad de 20 cms. a 30 cms. se quita el tapón dentro del agua y se llena el frasco a $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad, ya que si es mayor la cantidad disminuye el espacio de aire necesario para homogenizar la muestra y preservar las condiciones microbiológicas reales. Después de lleno el frasco se tapa nuevamente.

Los métodos analíticos que se utilizan para llevar a cabo el control del proceso de la calidad del agua cruda y tratada en las plantas de tratamiento de aguas residuales se dividen en:

- 1.- Físicos.
- 2.- Químicos.
- 3.- Biológicos.

Los métodos de análisis físicos más importantes son:

- a) Temperatura.
- b) Sólidos.
 - Totales
 - Suspendidos
 - Fijos
 - Sedimentables
- c) Potencial de Hidrógeno (pH)
- d) Color.
- e) Turbiedad.
- f) Conductividad eléctrica.
- g) Análisis de lodos activados.
 - Índice volumétrico de lodos.
 - Velocidad en zona de sedimentación.
 - Gravedad específica.

Los métodos de análisis químicos más importantes son:

- a) Oxígeno disuelto.
- b) Nitrógeno.
 - Amoniacal.
 - Orgánico.
 - Nitritos.
 - Nitratos.
- c) Fósforo.
 - Total.
- d) Cloruros.
- e) Dureza.
 - Total.
 - Calcio.
 - Magnesio.
- f) Demanda de cloro.
- g) Cloro residual.
- h) Cloro total.
- i) Demanda química de oxígeno (DQO)
 - Soluble.
 - Total.
- j) Demanda biológica de oxígeno (DBO)
 - Soluble.
 - Total.
- k) Grasas y aceites.
 - l) Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)

Los métodos analíticos biológicos más importantes son:

- a) Examen microscópico de lodos activados.
- b) Examen bacteriológico.

TABLA 3.3 FRECUENCIA ENTRE ANALISIS Y MUESTREO.

ANALISIS.	VOLUMEN	RECIPIENTE	AGENTE	TIEMPO +
	REQUERIDO		PRESERVATIVO	ANALISIS Y
	ml.			MUESTREO
				hrs.
pH	50	P.V	En sitio	-*-
Temperatura.	-*-	P.V	En sitio	-*-
Turbiedad	100	P.V	-*-	24 hrs.
Color	50	P.V	4°C	48 hrs.
Alcalinidad	200	P.V	4°C	24 hrs.
Cloruros	50	P.V	-*-	-*-
Conductividad Eléctrica	500	P.V	Refrigeración	28 días
Sólidos Disueltos Totales	100	P.V	-*-	7 hrs.
Sólidos Suspensos Totales	100	P.V	-*-	7 hrs.
Sólidos Totales	100	P.V	-*-	7 hrs.
Sólidos Totales Volátiles	100	P.V	-*-	7 hrs.
Nitrogeno Total	200	P.V	4°C	24 hrs.
Nitrogeno Amomiacal	500	P.V	4°C	24 hrs.
Nitratos	100	P.V	4°C	48 hrs.
Fosfato Total	50	P.V	4°C	24 hrs.
Fosfatos	100	V ¹	-10°C	48 hrs.
SAAM	250	P.V	4°C	24 hrs.
Grasas y Aceites	1000	V ²	4°C	28 días
DBO Total	1000	P.V	4°C	6 hrs.
DOO Total	100	P.V	2 ml. 1H SO	7 días
Cloruro Total	25	P.V	En sitio	-*-
Oxígeno Disuelto	300	P.V	En sitio	-*-
Análisis Bacteriológicos	125	V ³	V ³	6 hrs.

Notas. P. Polietileno
V: Vidrio.
V¹: Envase enjuagado con HNO₃.
V²: Envase de boca ancha y enjuagado con solvente orgánico.
V³: Envase esterilizado de boca ancha.

CAPITULO No 4

" PRONOSTICO "

4.1 INTRODUCCION

Para ofrecer un servicio oportuno y confiable de aguas renovadas a los usuarios de esta en el Distrito Federal es necesario contar con una infraestructura de tratamiento y distribución que permita satisfacer las demandas actuales y futuras, y con base a las estimaciones que se hagan determinar la localización y tamaño de los sistemas, magnitud de las inversiones y niveles de costos de operación, conservación y mantenimiento, así como el monto de tarifas y el pago de derechos a fin de cubrir los costos de operación y las inversiones respectivamente.

La importancia de contar con estimadores confiables de las necesidades de agua, radica en que cualquier desviación de estos valores conduce a sobreestimar o subestimar la demanda y con esto desarrollar que no se utilicen completamente o que resulten obsoletas al poco tiempo de operación, que de una u otra forma repercutan desfavorablemente en costos y tarifas.

Las metodologías que se han aplicado en diversos estudios se han diseñado principalmente para evaluar las demandas de agua potable y de los resultados elaborar algunas políticas destinadas a usuarios sin necesidad de agua con calidad potable a fin de atenderlos con aguas residuales tratadas. En los estudios

realizados. la predicción de la demanda se basa en estimaciones más que en mediciones reales de los usuarios debido a la insuficiencia de medidores domiciliarios por razones técnicas y administrativas.

Para evaluar las posibilidades de reuso del agua, se aplica el análisis costo-efectividad en lugar del costo-beneficio. La principal razón por lo que resulta conveniente a problemas de este tipo es que algunas de las metas que se fijan no son cuantificables fácilmente en términos económicos, como son riesgos a la salud, aceptación o rechazo del público hacia ciertos usos del agua residual tratada y preservación del medio ambiente entre otras.

4.2 PROYECTOS

Plantas de tratamiento.

Uno de los problemas graves que enfrenta el Distrito Federal con el agua residual y particularmente en el sur, en que las aguas de desecho contaminan en gran medida los cauces naturales como son las barrancas que se utilizan como cuerpos receptores de estos desechos líquidos.

El inicio de este programa ecológico de prevenir y controlar la contaminación de esta zona se inicio con la rehabilitación de las plantas de tratamiento del Reclusorio Sur y Colegio Militar, las cuales tratan aguas que anteriormente se desecha ban a las barrancas y ahora al tratar estas aguas se desechan nuevamente a las barrancas pero en esta ocasión ya perdieron su poder contaminante.

Otro proyecto de suma importancia es la planta de tratamiento de Iztacalco, con esta unidad de tratamiento con capacidad para tratar 15 lts/seg. El objetivo principal de esta unidad sera dotar de agua renovada a la zona industrial de Iztapalapa e Iztacalco, por conseción del DDF a los industriales de esta zona.

En 1991 con el objetivo de simplificar actividades de proyecto, construcción-supervisión, operación y mantaenimiento, se llevo a cabo el diseño tipo de plantas de tratamiento modulares que entre 1993-94 quedaran terminadas, se localizan en el sur de la ciudad, en las delegaciones Tlalpan, Tlahuac, Xochimilco y Milpa Alta. Fig.4.1. con un caudal de diseño a tratar de 195 lts/seg.

todas ellas con un nivel de tratamiento secundario, que son:

PLANTA DE TRATAMIENTO	CAPACIDAD
Santa Ana Tlacotenco	15.0 *
Rastro de Milpa Alta	7.5 *
San Francisco Texcoapa	15.0 *
San Miguel Xicalco	8.0
Parres	7.0
Magdalena Petlacalco	15.0 *
Abasolo	15.0
Rastro de Topilejo	7.5 *
San Juan Ixtayopan	15.0
San Nicolas Tetelco I	15.0
El Llano	30.0 *
Mixquic	30.0 *
San Nicolas Tetelco II	15.0 *
	<hr/>
	195.0 (lts/seg)

Nota: * Plantas de tratamiento en construcción. (Dic - 94)

Otro de los grandes proyectos es el entubamiento del Gran Canal, que ha sido muestra de noticia y opinión, y que ultimamente se ha mencionado que para terminar con este gran problema de contaminación a gran escala se realizara su entubamiento a pesar de la gran inversión que esta acción representa. (Fig.4.3).

FIG. 4.1 PERFIL HIDRAULICO DE PROCESO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO
 "TIPO 15 Y 30 L.P.S."

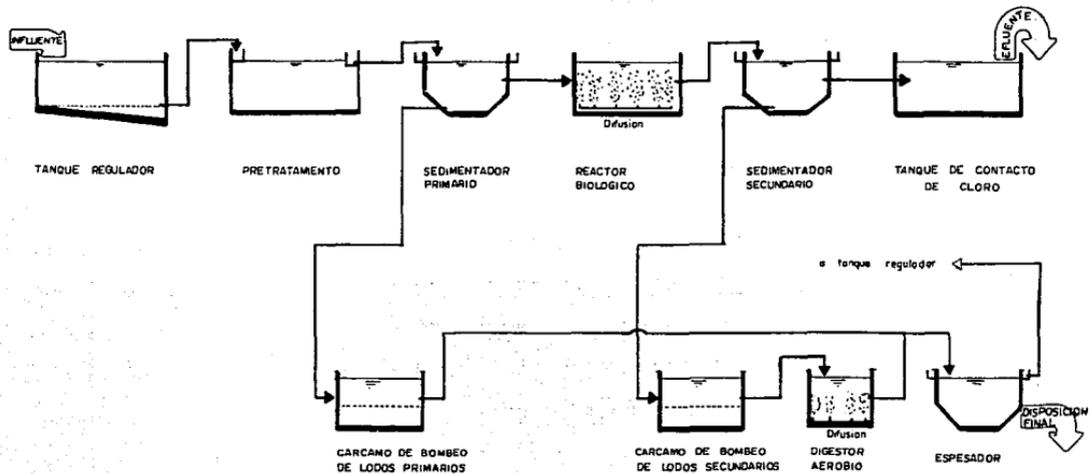
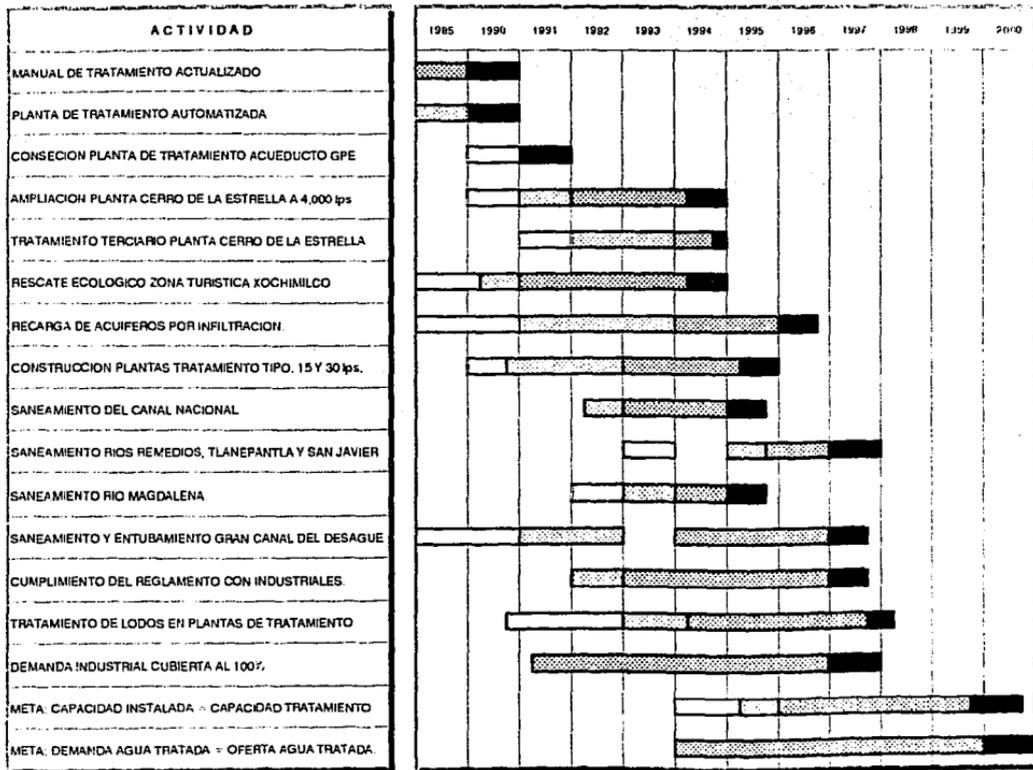
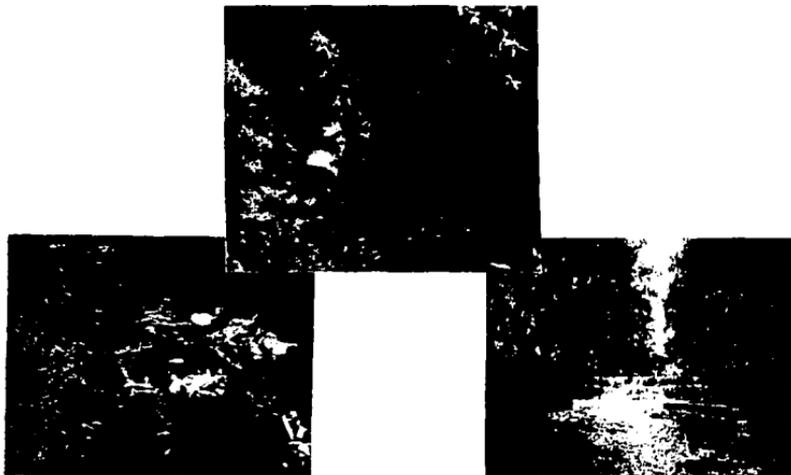


TABLA 4.1 PROGRAMA GENERAL DE PROYECTOS DE TRATAMIENTO Y REUSO.

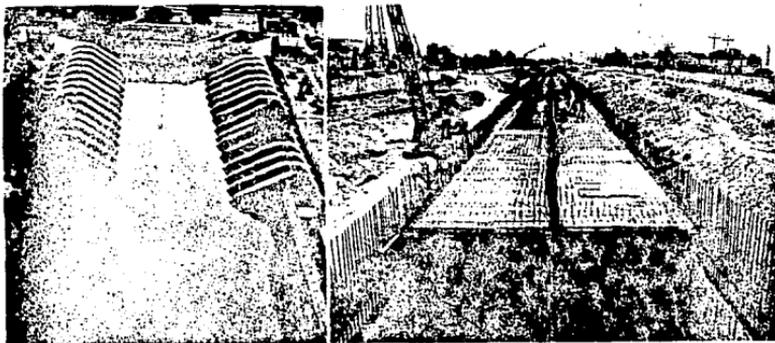




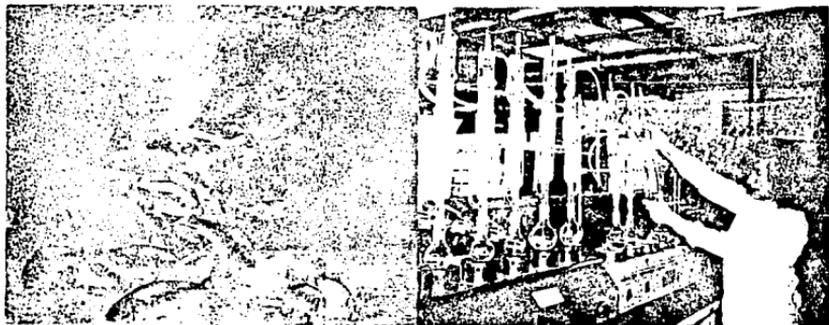
Fotografías 4.1 (a),(b) y (c) Las Primeras fotografías muestran como el deterioro ecológico incrementaba la desaparición del río Magdalena, el cual gracias al programa de saneamiento por parte del D.D.F. se ha rescatado y ahora no es fuente de contaminación (c). Río Magdalena D.F.



Fotografías 4.2 (a) y (b) Saneamiento del Canal Nacional que junto con el rescate ecológico de Xochimilco muestran que se debe usar la tecnología en el mejoramiento del medio ambiente y no en su deterioro como se estaba utilizando. Canal Nacional D.F.



Fotografías 4.3 (a) y (b) En el norte de la Ciudad es muy importante el entubamiento del Gran Canal del desagüe, el cual ya no será fuente de contaminación además del latente peligro a las inundaciones en la época de lluvias. Gran Canal del Desagüe. D.F.



Fotografías 4.4 (a) y (b) La investigación, La capacitación de personal y la innovación tecnológica será fundamental para mantenerse de frente a la adversidad. Experimentación con trucha arcoiris en Unidad Experimental de Tratamiento Avanzado en cerro de la Estrella. D.F.

Fig. 4.2 Recarga Artificial del Acuífero de la Ciudad de Mexico.

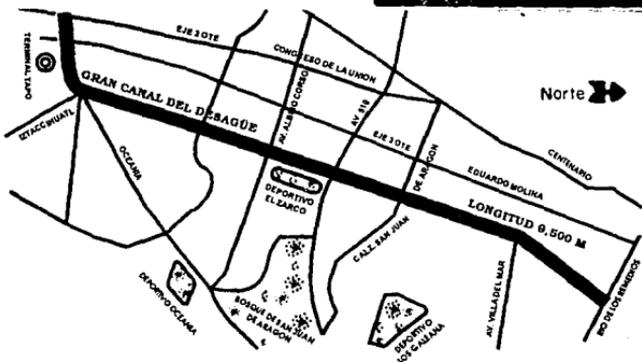
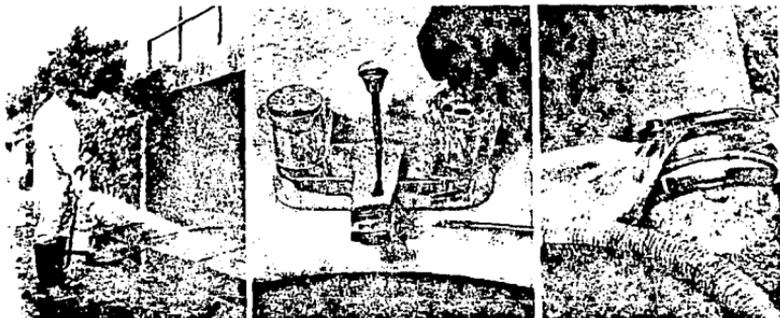


Fig. 4.3 Entubamiento del Gran Canal del Desagüe.



Fotografía 4.5 Los programas de ahorro del agua que el DDF realiza son fundamentales para crear una nueva cultura del agua que debe de tener la población del Distrito Federal.



Fotografías 4.6 (a),(b) y (c) El uso desmedido del agua como el lavado de calles, que no requieren agua potable para realizarse con eficiencia, y el mal mantenimiento de las instalaciones así como las fugas de agua dentro y fuera del domicilio. Muestran que la población y las autoridades del D.F. no le dan su importancia que esta merece. Mexico D.F.



Fotografía 4.7 Por parte del DDF corresponde realizar un buen mantenimiento de las instalaciones del agua potable, drenaje y agua tratada. Mexico D.F.



Fotografías 4.8 (a) y (b) El DDF realiza grandes esfuerzos para medir, cobrar y reglamentar el uso del agua potable, drenaje y agua tratada. Deben incrementarse los esfuerzos para ser más eficientes en estos dos puntos ya que falta cubrir su totalidad. Mexico D.F.

4.3 OFERTA Y DEMANDA DE AGUA RESIDUAL TRATADA

La metodología empleada para el desarrollo de un estudio de oferta y demanda, se orienta con el objetivo de precisar las condiciones de la oferta de agua residual tratada, y definir con mayor precisión la demanda de esta agua, los usuarios y sus usos.

Oferta - Anteriormente se mencionó que las plantas de tratamiento operadas por el DDF tienen una capacidad instalada de $6.24 \text{ m}^3/\text{seg}$. Adicionalmente se cuenta con información estadística del agua producida por las plantas que oscila entre $3.3 \text{ m}^3/\text{seg}$. a $4.2 \text{ m}^3/\text{seg}$. que dependen de la estación del año, grado de contaminación del agua y caudal de agua que varía en la noche y en el día.

Se ve entonces cuanto pueden producir las plantas de tratamiento pero se carece de suficientes elementos para saber a que costo. Debido a que las plantas fueron construidas con diferentes tecnologías, en diferentes fechas y han tenido modificaciones y ampliaciones.

El DDF por medio de la DGCOH proporciona el agua tratada al usuario de la siguiente manera:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------|
| a) Por toma domiciliaria. | $1.2 \text{ N\$/m}^3$ |
| b) Por carro tanque al domicilio | $7.0 \text{ N\$/m}^3$ |
| c) Por garza | $0.9 \text{ N\$/m}^3$ |

Cabe mencionar que para mejorar la oferta se debe de conocer los mayores usuarios así como agruparlos, y realizar la red futura

de agua tratada la cual ya se han presentada varias propuestas y se esta buscando la mejor de ellas para llevarla a cabo y que esta une las plantas de tratamiento con los mayores usuarios de esta agua.

Demanda. - En estudios anteriores se han efectuado estimaciones de la demanda de agua residual tratada (padron de usuarios). Se tiene en cuenta que la DGOH cuenta ya con varios años con esta información que registra el consumo de los usuarios del D.F. Se ha considerado convenientemente hacer la estimación con la demanda industrial ya que podría ser el mayor usuario y el más importante de esta agua residual tratada. Asimismo para confirmar estas cifras en gran medida y avanzar un paso más en la consecución del objetivo general del estudio se desidio iniciar una promoción entre los industriales eligiendo las zonas que resulten más atractivas por su demanda, su proximidad a las plantas de tratamiento y el monto de las inversiones que se hagan necesarias para su abastecimiento. En la actualidad para satisfacer una demanda de $8.3 \text{ m}^3/\text{seg.}$ se necesita incrementar la eficiencia al 100% de las plantas y negociar el suministro a cada usuario. El Distrito Federal satisface su necesidad de agua tratada a los siguientes usuarios:

ABASTECIMIENTO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN EL D.F.

Reuso en áreas verdes.

- Bosque de Chapultepec
- Bosque de Aragón
- Parque Tezozomoc
- Ciudad Deportiva
- I.P.N. Zacatenco
- U.N.A.M. Ciudad Universitaria
- Avenida Paseo de la Reforma
- Avenida de los Insurgentes
- Avenida Zaragoza
- Avenida Rio Churubusco
- Avenida Plutarco Elias Calles
- Escuela Nacional de Maestros
- Otros (Viveros, parques, deportivos)

Reuso en llenado de lagos.

- Lago de Chapultepec
- Lago de Aragón
- Canales de Xochimilco
- Lago del Parque Tezozomoc

Reuso industrial.

- Zona Industrial de Vallejo
- Zona Industrial de Iztapalapa e Iztacalco

Reuso autolavados y autoservicios.

- Terminal de Autobuses del Sur
- Terminal de Autobuses del Norte
- Terminal de Autobuses del Poniente
- Terminal de Autobuses del Oriente
- Paradero del Metro el Rosario
- Paradero del Metro de Taxqueña
- Paradero del Metro de Indios Verdes
- Paradero del Metro de Pantitlan
- 250 Autolavados y Autoservicios en el D.F.

Reuso de recarga de acuífero.

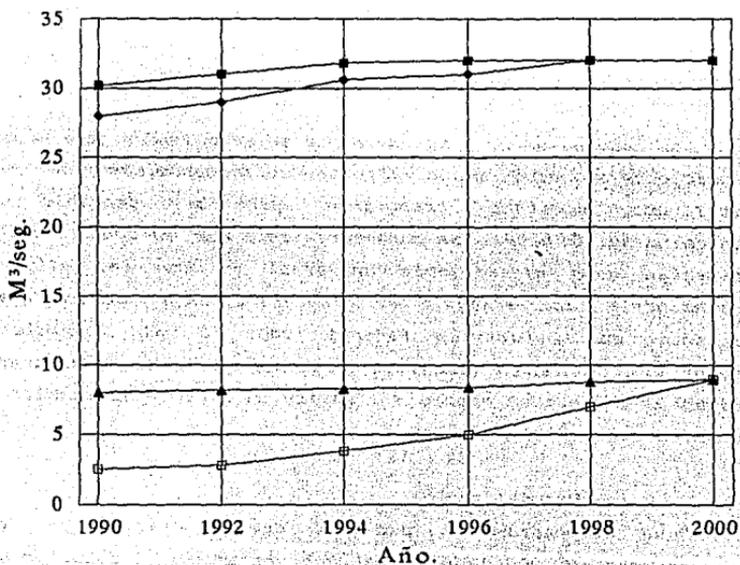
- Sierra de Santa Catarina
- Sierra de Cerro de la Estrella

Todos los usuarios en conjunto consumen en promedio 3.80 m³/seg y que esta agua es suministrada por la DGCOH:

TABLA 4.4 OFERTA DE AGUA POTABLE Y AGUA TRATADA EN EL D.F.

	1990	1992	A 1994	N 1996	O 1998	S 1998	2000
DEMANDA DE AGUA POTABLE.	30.20	31.00	31.80	32.00	32.00	32.00	32.00
OFERTA DE AGUA POTABLE.	28.00	29.00	30.80	31.00	32.00	32.00	32.00
DEMANDA DE AGUA TRATADA	8.00	8.20	8.30	8.40	8.80	9.00	9.00
OFERTA DE AGUA TRATADA.	2.50	2.80	3.80	5.00	7.00	7.00	9.00

FIG. 4.4 OFERTA DE AGUA POTABLE Y AGUA TRATADA EN EL D.F.



■ Demanda Agua Potable. ● Oferta Agua Potable.
 ▲ Demanda Agua Tratada. □ Oferta Agua Tratada.

CAPITULO No 5

" CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES "

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con lo anteriormente expuesto a lo largo de los 4 capítulos si podemos llegar a una conclusión correcta y así partir para llevar a cabo recomendaciones que nos permiten por medio de programas, políticas y acciones llevar a cabo de manera eficaz el tratamiento y reuso del agua residual en esta gran ciudad, y con lo anterior cubrir toda la demanda que esta metrópoli necesita.

Las conclusiones, y acciones que se recomiendan para mejorar condiciones de salud, medio ambiente, socioeconómicas y del reuso vital más importante "renovable" pero muy sensible para contaminarse. En base a las características FQB del agua la cual la presentan como el solvente universal y como tal altamente contaminable, acompañando a las características hidráulicas que se presentan en el Distrito Federal, como la mala distribución industrial, el drenaje combinado y diseñado para desalojar grandes volúmenes de agua en épocas de lluvias se recomienda cumplir con los siguientes puntos:

1.- Uso del suelo.

Debe respetarse el uso del suelo, existen 28 zonas industriales (30,000 industrias) que contaminan y deterioran la calidad del agua residual, se inició en 1991 el abastecimiento de

agua residual tratada a la zona industrial de Vallejo y el proyecto para la zona industrial de Iztapalapa. Pero lo más importante estas tratan aguas residuales domésticas en lugar de tratar sus mismas aguas de desecho que son de muy mala calidad, y estas mismas industrias siguen contaminando la totalidad del agua residual.

2. - Cumplir con el reglamento.

Debe respetarse el Artículo 75 del Reglamento del Servicio de agua y drenaje para el Distrito Federal el cual propone que la industria instale dispositivos y equipos de recirculación y tratamiento del agua de desecho. Además de cumplir con cada artículo de este reglamento.

3. - Programas de saneamiento.

Deben realizarse programas de saneamiento como el que se esta llevando a cabo con la construcción de plantas de tratamiento tipo en el sur del D.F. así como el rescate ecológico y turístico de Xochimilco, en el que el tratamiento del agua así como la buena calidad son fundamentales. Al igual que en la calidad del aire, es necesario tomar acciones para mejorar la calidad del agua, la única diferencia es: La contaminación del aire se ve, se percibe por la respiración y de inmediato nos afecta por medio de malestares físicos, en cambio la calidad del agua la observamos esporádicamente y nos afecta al estar en continuo contacto con ella, o ingerirla, por lo tanto es necesario cumplir con el artículo 61 del Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje del D.F. El cual propone que en base a los estudios de daños a la salud por agua residuales es necesario construir en estas colonias drenaje y evitar las descargas de cualquier origen a estos cauces a cielo abierto, con lo anterior se llegaría a una etapa de autopurificación a muy largo plazo del cauce, el problema continuaría con los desechos sólidos como llantas, basura, etc.

4.- Programas de capacitación.

El personal que este a cargo de una planta de tratamiento debe ser el que este técnicamente bien preparado para ello, esto implica tener interés, aptitud y vocación, tal acción se inició en la planta de tratamiento de Acueducto de Guadalupe que al estar a cargo de los industriales de Vallejo, estos han capacitado y seleccionado a su personal de esta manera se garantiza un efluente constante y de buena calidad, además se preven errores en vez de corregirlos.

5.- Programas de Difusión.

Los estudios sobre los usos del agua residual tratada deben ser difundidos, por que ellos nos reflejan resultados de los efectos a la salud por los contaminantes y sus efectos de envenenamiento acumulativo, crónico y por vía cadena alimenticia etc. y que es muy importante que la población que este en continuo contacto con el agua residual los conozca y se le den opciones para que lleven a cabo la mejor por su conveniencia de su mejor salud.

6.- Investigación académica.

Es determinante para llevar a cabo innovaciones, adopciones o adaptaciones de tecnología para tratamiento y reuso, ya se han realizado algunos casos de investigación como la planta de tratamiento de Ciudad Universitaria, La Unidad de Tratamiento Avanzado de cerro de la Estrella y que sus esfuerzos deben conjugarse y compartirse para llevarse a cabo a la realidad con xito. Una innovación mexicana es la remoción de detergentes en la Planta de Tratamiento de San Luis Tlaxiátemalco, y los demás procesos se han estudiado para adaptarlos de acuerdo a las necesidades del D.F.

7.- Muestreo y análisis.

El laboratorio que sanciona calidad de agua residual y su paso por los procesos de tratamiento debe ser indispensable, ya que son resultados realizados con personal capacitado y con cierta frecuencia de muestreo y análisis y bien fundamentados dan a conocer el avance y las fallas que en el tratamiento se tienen, de lo contrario se engañaría uno al no saber con que eficiencia y calidad de nuestro tratamiento de agua residual se esta llevando a cabo.

8. - Encuesta y Auditoría.

La encuesta es vital para determinar el volumen correcto de los efluentes, el análisis representativo, el origen de los contaminantes, las horas pico y el factor de variación. También es necesario para localizar los puntos críticos de muestreo y la forma en que la muestra de agua sea representativa de la operación total. El diagrama de flujo con los flujos promedio de 8 hrs. (industria, oficina, etc.) y 24 hrs. (doméstico) y las variaciones que suceden durante dicho período, son una parte muy importante de los datos básicos para el diseño. Si la operación industrial presenta ciclos diferentes a las 8 hrs. los datos básicos representaran el promedio de las horas de funcionamiento y sus variaciones respectivas. Se recomienda que en cualquier nueva planta de tratamiento se incluírá aun antes de su construcción un programa interno de relaciones públicas (colonia, fabrica, industria, mercado, rastro, hospital, etc) por ejemplo campañas para reducir la presencia de basura orgánica, inorgánica, vidrio, madera, etc. y de polvos peligrosos en el piso, dado que estos irán a parar al drenaje, así como el consumo de agua, además deberá propiciarse la reducción de contaminantes.

La auditoría deberá indicar también todas las posibilidades de ahorro de agua y de disminución o eliminación total de

contaminantes, esta acción es necesaria para definir las bases de diseño. Autores con experiencia indican que los gastos de hacer auditoría siempre son menores que los que los ahorros logrados al aplicar algunas de las sugerencias y conclusiones obtenidas. La encuesta y auditoría se hacen sin que el personal de la empresa trate de cambiar sus rutinas, no se desea que ese día se evite la comunicación, y tan pronto termine la encuesta, se viertan al drenaje o a los pisos todo el material que se guardó durante la visita. se propone un formato de encuesta y auditoría que se encuentra al final del Anexo II.

9 - Manual de operación.

Aun los equipos y diseños más simples deberán contar con su manual de operación con instrucciones sencillas y fáciles de aplicar, en dicho manual no se incluyen las memoria de cálculo, ni los datos de diseño sino solamente las instrucciones necesarias para operar eficientemente la planta.

En una planta de tratamiento de aguas residuales el laboratorio y su operación son extraordinariamente importantes para el manejo correcto diario y se proponen cuatro formas de reportes típicos de la planta, Anexo II. Además deberá contar con una computadora personal en el cuarto de control o en el laboratorio para anotar los asuntos administrativos y de control.

En el equipo o en la instalación deben incluirse letreros con avisos que señalen el peligro, instrucciones de uso, numeración de las válvulas, códigos visibles en los tanques, reactores y filtros. Las tuberías deberán estar pintadas con los colores de código y con flechas de flujo. Asimismo serán visuales las indicaciones para actuar en caso de accidentes y situaciones de emergencia, así como teléfonos del personal responsable. La planta o instalación deben

entregarse con su calendario de mantenimiento, y con su lista de problemas, fallas, causas probables y soluciones, aun si fuera una simple fosa séptica. No debe pensarse que sea un extenso tratado sino una lista práctica de instrucciones.

10.- Seguridad.

Todos los tanques, recipientes y equipo de tratamiento abiertos deben tener rebordes para evitar que el viento arrastre los microorganismos y disperse los olores. También es recomendable colocar una serie de plantas, arbustos y árboles alrededor de los tanques de los equipos y de la planta con el fin de que se disminuya la corriente del viento. En instalaciones cercanas a zonas pobladas se aconseja instalar domos de plástico modulares y de fibra de vidrio para evitar que se esparzan los olores indeseables. Todos los tanques, lagunas, etc. serán diseñados con barandal fuerte de protección y colocar cuerdas y salvavidas en los alrededores, por que con la mezcla agua/aire se tiene una muy baja densidad y aun el mejor nadador se undiría. Cuando se requiere hacer trabajos de mantenimiento cerca del agua deben detenerse los aereadores; los obreros deberán usar chalecos flotadores y tendrán una cuerda cerca de la mano. Los productos químicos de tratamiento se almacenaran en una pequeña bodega y no se dejan al aire libre. Trabajar cerca de las aguas residuales requiere el uso de mascarillas en cualquier zona donde pueda haber aerosoles de aguas residuales (aun en proceso de tratamiento).

Las siguientes enfermedades tienen una mayor incidencia en los operarios de las plantas de tratamiento.

- a) Tétanos. - se recomienda la vacunación cada 10 años, si hay herida abierta se vacunará de nuevo si la vacunación anterior tiene más de 5 años.
- b) Parásitos. - Se deben hacer los análisis fecales cada 6 meses como mínimo.

c) Enfermedades gastrointestinales.

d) Irritación de ojos y oídos.

Los factores importantes para prevenir enfermedades en operarios son:

a) Contar con suficientes guantes de trabajo y entrenar a todo el personal en su uso correcto.

b) Uso constante de gafas o lentes de protección.

c) Suficientes lavabos con jabón desinfectante y cepillo para manos.

d) Regaderas con agua caliente, toallas y dos casilleros para ropa, uno para ropa de trabajo y otro para ropa de calle.

e) Botiquines de primeros auxilios con desinfectante cutáneo y lavajos, y una lista de servicios médicos de emergencia más cercanos con teléfono y dirección.

f) Lavajos y duchas de emergencia estratégicamente localizadas en la planta.

g) Emético, como el jarabe de Ipecacuana.

Es conveniente y obligatorio que todos los empleados de una planta de tratamiento estén enterados de los riesgos de trabajar en ella y de la responsabilidad hacia ellos y hacia el resto de los empleados. En caso de ingestión de agua residuales, de un vomitivo de inmediato y varios vasos de agua para lavar el estómago. Solicite a los servicios médicos que laven el estómago, y no se de a beber agua a una persona desmayada.

5.2 MENSAJE FINAL.

Al principio de este trabajo se mencionan fragmentos históricos del valle de México y su lucha por abastecerse de agua potable propiciado por el desmedido crecimiento poblacional e industrial, y por desalojar los grandes volúmenes de agua de lluvia que provocan inundaciones y severos daños a la población. Las generaciones pasadas nos dejaron Obras Hidráulicas importantes y que esta generación ha estado apagando esa tradición hidráulica constructiva y se está utilizando la tecnología y la construcción en su contra, y se está tomando conciencia de ello al observarse en la ciudad más contaminada del mundo que el uso de la tecnología no ha sido del todo favorable. Debemos construir con vocación y decisión y favoreciendo nuestro medio ambiente además garantizando nuestra sobrevivencia. Las generaciones futuras esperan que se salga triunfante en la lucha contra la contaminación no solo del agua sino del aire y suelo, y que les entreguemos para su sobrevivencia una ciudad de México en la que no les sea escasa el agua potable y que el agua residual no les dañe su salud, no deben descansar en ellos nuestras deficiencias constructivas.



ANEXO No 1

"ELEMENTOS BASICOS PARA EL DISEÑO HIDRAULICO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO"

El objetivo de este primer anexo es conocer los elementos básicos para el diseño hidráulico de los componentes de una planta de tratamiento, y este diseño llevado a la construcción que es el caso de la planta de tratamiento de San Luis Tlaxiátemalco. Únicamente se realizan los cálculos hidráulicos de la etapa de pretratamiento.

CALCULO DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO.

Cálculo del ancho del canal de cribado.

$$W = \frac{B + S}{S} \times \frac{F \times K}{V \times D}$$

W= Ancho del canal. _____ m.
 B= Espesor de barras rejilla= 13 mm.
 S= Espacio entre rejillas= 40 mm.
 F= Flujo de diseño= 75 lts/seg.
 K= Constante numérica= 0.001
 V= Vel. max. en rejillas= 0.55 m/s.
 D= Tirante de diseño= 0.30 m.

$$W = \frac{(13 + 40)}{40} \times \frac{(75 \times 0.001)}{(0.55 \times 0.3)} \frac{(\text{mm mm})}{\text{mm}} \times \frac{(\text{lt/s})}{(\text{m/s m})}$$

$$W = \underline{0.602 \text{ m.}}$$

Cálculo del número de barras.

$$NB = \frac{(W + S)}{(B + S)}$$

NB= Número de barras= _____ pza.
 W = Ancho del canal= 0.6 m.
 S = Espacio entre rejillas= 0.04 m.
 B = Espesor barra rejilla= 0.013 m.

$$NB = \frac{(0.6 + 0.04)}{(0.013 + 0.04)} \frac{(\text{m m})}{(\text{m m})}$$

$$NB = \underline{12.0 \text{ pza.}}$$

Cálculo de la velocidad en el canal.

$$V = \frac{F}{(W \times D)}$$

V= Velocidad en el canal= _____ m/s.
 F= Flujo de diseño= 0.075 m³/s.
 W= Ancho del canal= 0.6 m.
 D= Tirante de diseño= 0.3 m.

$$V = \frac{0.075}{(0.6 \times 0.3)} \frac{(\text{m}^3/\text{s})}{(\text{m m})}$$

$$V = \underline{0.416 \text{ m/s.}}$$

Cálculo de la velocidad en las rejillas.

$$V = \frac{F}{(NB - 1) \times (S \times D)}$$

V = Velocidad en rejillas = 0.568 m/s.
F = Flujo de diseño = 0.075 m³/s.
NB = Número de barras = 12 pza.
S = Espacio entre rejillas = 0.04 m.
D = Tirante de diseño = 0.3 m.

$$V = \frac{0.075}{(12 - 1) \times (0.04 \times 0.3)} \quad \frac{(\text{m}^3/\text{s})}{(\text{m} \cdot \text{m})}$$

$$V = \underline{0.568 \text{ m/s.}}$$

Nota: La velocidad en el canal de cribado deberá estar comprendida entre 0.3 m/s. y 0.6 m/s. para evitar disposiciones de arena en el fondo.

CALCULO DEL PROCESO DE DESARENACION.

Requisitos: a) Se diseña para gasto máximo.
b) La velocidad de desarenación estará en el rango de 0.2 m/s y 0.4 m/s.

Area superficial para 100% de remoción.

$$A_s = \frac{Q_{\text{máx}}}{V_s \times 1000}$$

A_s = Area superficial = m²
Q_{máx} = Gasto máximo diseño = 0.75 lt/s.
Velocidad de sedimentación = ? m/s.

Cálculo de la velocidad de sedimentación.

Proponiendo V_s = 3.0 cm/s. a 10 °C.

Viscosidad Cinemática = 1.0105 × 10⁻² cm²/s a 20 °C
Viscosidad Cinemática = 1.3101 × 10⁻² cm²/s a 10 °C

$$V_s = (3.0) \frac{1.0105 \times 10^{-2}}{1.3101 \times 10^{-2}} = 2.31 \text{ cm/s.} \Rightarrow 0.0231 \text{ m/s a } 20 \text{ °C.}$$

Checando si se aplica la ley de Stokes. Fig. I.1. se aplica si Re < 0.5

$$Re = \frac{10 \times V_s \times D}{\nu}$$

V_s = Velocidad sedimentación = 0.023 m/s
D = Tirante de diseño = 0.3 m.
ν = Viscosidad cinemática a 20 °C.

$$Re = \frac{(10 \times 0.0231 \times 0.3)}{1.0105 \times 10^{-2}} \frac{(\text{cm/s} \cdot \text{cm})}{\text{cm}^2/\text{s}}$$

$$Re = \underline{6.85}$$

Como $Re > 0.5$ se hace uso de la siguiente ecuación y de la fig. I.2

$$\text{En término del diámetro} = \left[\frac{g \times (s - 1)}{\sigma^2} \right]^{1/3} \times (d)$$

g = Gravedad = 981 cm/s.
s = Peso específico = 2.65 gr/cm³
r = Viscosidad Cinemática a 20 °C.
d = Diámetro partícula = 0.02 cm.

$$= \left[\frac{981 \times (2.65 - 1)}{(1.0105 \times 10^{-2})^2} \right]^{1/3} \times (0.02) = \underline{5.02}$$

Entrando a la Fig. I.2.

$$\frac{Vs}{[g \times (s - 1) \times]^{1/3}} = 1.0$$

$$\text{Despejando } Vs = [981 \times (2.65 - 1) (1.0105 \times 10^{-2})]^{1/3}$$

$$Vs = \underline{2.54 \text{ cm/s.}} \Rightarrow \text{Diseño } Vs = \underline{2.50 \text{ cm/s.}}$$

Cálculo del área superficial.

$$As = \frac{75}{(0.025 \times 1000)} \frac{(\text{lt/s})}{(\text{m}^3/\text{s})}$$

$$As = \underline{3.0 \text{ m}^2}$$

Cálculo del área superficial corregida.

Eficiencia de 105% (significa 5% sobrediseño).

$$Asc = \frac{(3.0 \times 105)}{100} \frac{(m^2 \%)}{\%}$$

$$Asc = 3.15 m^2.$$

Cálculo de la velocidad de arrastre.

$$Va = \frac{[8 \times \beta \times g \times D \times (S - 1/f)]^{\frac{1}{4}}}{1000}$$

β = Parametro = 0.04
 D = Diametro partícula = 0.2 cm.
 S = Densidad partícula = 2.65 gr/cm³
 f = Coeficiente de Darcy = 0.03
 g = Gravedad = 9.810 mm/s.

$$Va = \frac{[8 \times 0.04 \times 9.810 \times 0.2 \times (2.65 - 1/0.03)]^{\frac{1}{4}}}{1000}$$

$$Va = 0.1858 m/s.$$

Cálculo del área transversal.

$$At = \frac{Q_{max}}{(Va \times 1000)}$$

At = Area transversal = $\frac{m^3}{s}$
 Q_{max} = Gasto máximo = 75 lt/s.
 Va = Velocidad de arrastre = 0.185 m/s.

$$At = \frac{75}{(0.185 \times 1000)} \frac{(lt/s)}{(m/s \cdot lt/m^3)}$$

$$At = 0.4056 m^2.$$

Cálculo del tirante de agua.

$$Ac = \frac{At}{H}$$

Ac = Ancho del canal = 0.6 m.
 At = Area transversal = 0.4056 m²
 H = Tirante de agua = $\frac{m^2}{m}$.

$$H = \frac{0.4056}{0.6} \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

$$H = \underline{0.673 \text{ m.}} \Rightarrow \underline{0.70 \text{ m.}}$$

Cálculo del largo del canal.

$$Lc = \frac{Asc}{Ac}$$

Asc= Area sup. corregida= 3.15 m²
 Ac= Ancho del canal= 0.6 m.
 Lc= Longitud de canal= _____ m.

$$Lc = \frac{3.15}{0.60} \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

$$Lc = \underline{5.25 \text{ m.}} \Rightarrow \underline{6.0 \text{ m.}}$$

Cálculo del tiempo de retención.

$$Tr = \frac{1000 \times Ac \times Lc \times H}{Q_{\text{max}}}$$

Ac= Ancho del canal= 0.60 m.
 Lc= Largo del canal= 6.0 m.
 H= Tirante del canal= 0.70 m.
 Q_{max}= Gasto máximo= 75 lt/s.
 Tr= Tiempo de retención= _____ s.

$$Tr = \frac{1000 \times 0.60 \times 6.0 \times 0.70}{75.0} \frac{(\text{lt}/\text{m}^2 \text{ m m m})}{\text{lt/s}}$$

$$Tr = \underline{33.6 \text{ s.}}$$

Cálculo de la velocidad en el canal.

$$Vc = \frac{Q_{\text{max}}}{H \times Ac \times 1000}$$

Vc= Velocidad en el canal= _____ m/s.
 Q_{max}= Gasto máximo= 75 lt/s.
 H= Tirante en el canal= 0.673 m.
 Ac= Ancho del canal= 0.60 m.

$$V_c = \frac{75.0}{0.673 \times 0.60 \times 1000} \frac{(lt/s)}{(m \ m \ lt/m^3)}$$

$$V_c = 0.185 \ m. \Rightarrow 0.190 \ m.$$

Cálculo de la tolva de recolección de arena.

Calculandose para 1 día de tiempo de retención.
 Volumen de arena recolectada en 1 día = 194 lt/día.
 Volumen de la tolva = 0.194 m³.

$$V = \frac{1}{3} (h) \times [B + b + \sqrt{B \times b}] \quad \text{Formula 1.}$$

$$\tan \theta = \frac{h}{c} \quad \text{Fórmula 2.}$$

$$\text{si } l = 1.5 \ m.$$

$$B = Ac \times l = (0.6 \ m)(1.5 \ m) = 0.9 \ m^2$$

$$\text{si } b = (0.3 \ m)(0.3 \ m) = 0.09 \ m^2$$

Despejando h de la formula 1.

$$h = \frac{3 \times V}{B + b + (B \times b)^{1/2}}$$

$$h = \frac{3 \times 0.194}{(0.9) + (0.09) + (0.9 \times 0.09)^{1/2}}$$

$$h = 0.457 \ m. \Rightarrow 0.50 \ m.$$

Dimensiones. $a^2 + b^2 = c^2 \Rightarrow c = \sqrt{a^2 + b^2}$
 $c = \sqrt{(0.60)^2 + (0.60)^2}$
 $c = 0.85 \ m.$

De la formula 2. despejamos

$$= \tan^{-1} \times \left(\frac{0.5}{0.85} \right)$$

$$= 30.46^\circ$$

Nota: Todos los resultados de las operaciones anteriores son las dimensiones del plano de la pagina 300.

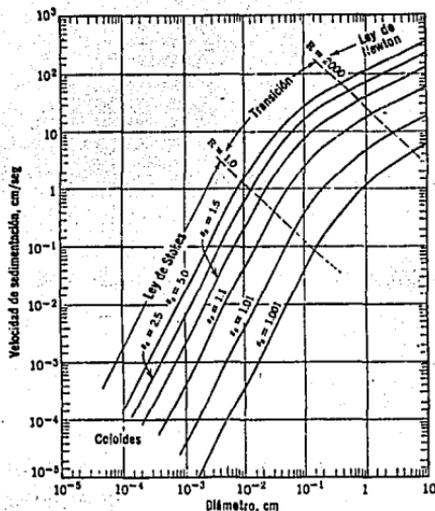


Fig 1.1 Velocidad de asentamiento y elevación de partículas esféricas discretas en agua estática a 10 °C. Para otras temperaturas se multiplican los valores de Stokes por $v/(1.31 \times 10^{-2})$, en donde "v" es la viscosidad cinemática a la temperatura establecida.

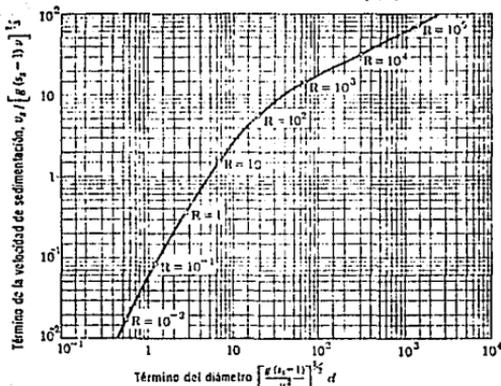


Fig 1.2 Velocidades de asentamiento y elevación de partículas esféricas discretas en un fluido estático de acuerdo con el peso específico de la partícula (en relación con el fluido), la viscosidad cinemática del fluido y la constante de la gravedad.

ANEXO No 2

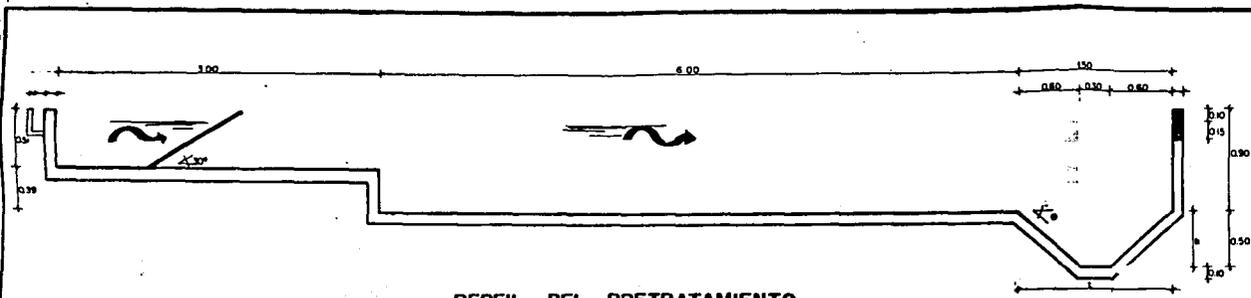
**" EFICIENCIA ACTUAL DE TRATAMIENTO EN LAS PLANTAS DEL
DISTRITO FEDERAL "**

Con este anexo se dan a conocer los volúmenes de agua tratada en las plantas del D.F. En primer lugar se muestra una tabla y una gráfica de los volúmenes de agua tratada durante en transcurso de este año 1994, es importante ver la eficiencia tanto de volumen de tratamiento y calidad de tratamiento y sus variaciones que se generando durante el año.

En segundo plano tenemos la calidad del afluente de 10 plantas de tratamiento del D.F., estas plantas de tratamiento son las que en conjunto aportan más volumen de agua tratada, se presenta en estas tablas el porcentaje de remoción. Estos registros son tomados en la temporada de sequía, con el objetivo de ver su comportamiento de las plantas de tratamiento en situaciones críticas de trabajo, y en resumen se ve que es eficiente pero que falta alcanzar la excelencia.

En tercer plano se encuentra la fuente de la cual se obtuvieron los datos anteriores, estos reportes deben ser llenados diariamente por el encargado de la planta de tratamiento, estos 4

Escala 1:200



PERFIL DEL PRETRATAMIENTO.

DATOS DE PROYECTO

CANAL DE CERRADO.

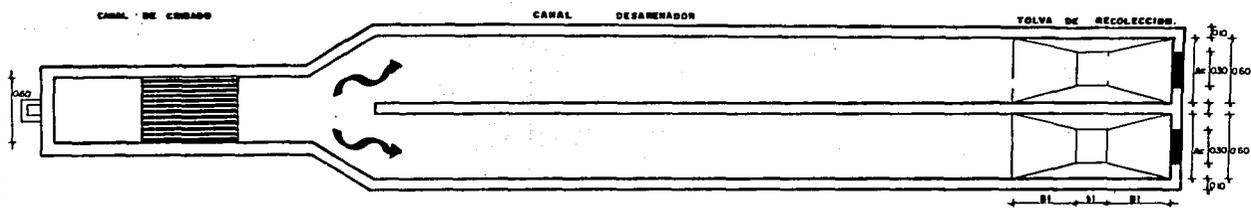
Alto del canal.	+0.80 m.
Numero barras de rejilla.	+1200 pm.
Velocidad en canal.	+0.48 m/s
Velocidad entre rejillas.	+0.568 m/s

CANAL DESARENADOR.

Velocidad de sedimentación.	+2.34 m/s
Area superficial.	+3.8 m ²
Area transversal.	+0.408 m ²
Tiempo de agua.	+0.70 s
Largo del canal.	+6.00 m.
Tiempo de retención.	+33.80 s.
Velocidad en el canal.	+0.19 m/s

TOLVA DE RECOLECCION.

Velocidad de rotación.	+0.94 m/s
Longitud de tolva.	+1.80 m.



PLANTA DEL PRETRATAMIENTO.

esc. en m.
esc. : 1:20

U . N . A . M .	
E.N.E.P. ACATLAN.	
Ingenieria Civil.	
TITULO PROFESIONAL TREATAMIENTO Y REJUNO DEL AGUA REGIONAL EN EL D.F.	
PLANO No. 1 PROCESO UNITARIO DE PRETRATAMIENTO.	
DISEÑO Y DIBUJO JOSE LIND BERRIO MERRANQUE.	

reportes ayudan a tener juicio para así calificar la calidad y eficiencia de las plantas y procesos unitarios de tratamiento.

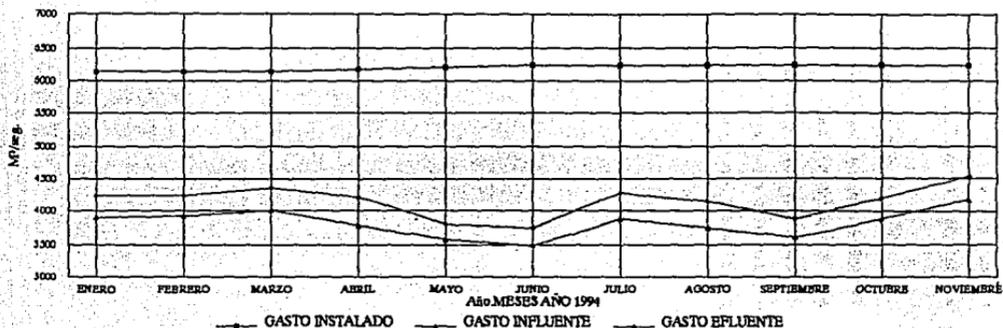
En último punto se presentan dos formas de encuesta para conocer la calidad de agua residual que generan las industrias. Si se realizan estas encuestas podemos diseñar o conocer los contaminantes a eliminar, esto con el objetivo de conocer más el influente de tipo industrial por que es el causante de los mayores problemas en las plantas de tratamiento.

TABLA II.1 VOLUMEN DE AGUA TRATADA EN LAS PLANTAS DEL D. F.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Q INSTALADO	6,130.00	6,130.00	6,130.00	6,175.00	6,205.00	6,240.00	6,240.00	6,240.00	6,240.00	6,240.00	6,240.00
Q INFLUENTE	4,239.00	4,239.00	4,356.00	4,211.00	3,809.00	3,752.00	4,274.00	4,142.00	3,887.00	4,193.00	4,534.00
Q EFLUENTE	3,900.00	3,920.00	4,008.00	3,790.00	3,580.00	3,490.00	3,890.00	3,770.00	3,515.00	3,900.00	4,172.00
% OPERACION	69.15%	69.15%	71.06%	68.19%	61.37%	60.13%	68.49%	66.38%	62.29%	67.20%	72.68%
% TRATAMIENTO	92.00%	92.47%	92.01%	90.00%	94.01%	93.02%	91.02%	91.02%	93.00%	93.01%	92.02%

NOTA: El volumen es el promedio del mes. (l.p.a.)

GRAFICA II.1 VOLUMEN DE AGUA TRATADA EN LAS PLANTAS DEL D. F.



PLANTA DE TRATAMIENTO CHAPULTEPEC

PARAMETRO	CRITERIO	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO		
		IMPULSOS	EN LITROS	SECCIONES												
DBO Total	50.00	102.00	8.00	84.22%	195.80	12.80	92.95%	172.20	12.80	92.65%	189.80	5.20	97.24%	203.60	6.80	92.86%
DBO Soluble	20.00	68.40	7.80	88.60%	75.80	18.50	75.53%	80.30	7.30	87.90%	55.40	3.40	93.86%	64.00	4.50	92.97%
DQO Total	78.00	3,774.40	43.80	98.89%	429.80	49.50	98.48%	305.80	62.80	79.76%	308.80	47.40	87.75%	477.80	55.50	88.30%
DQO Soluble	50.00	154.40	38.80	75.00%	1,777.00	34.00	90.09%	195.30	59.00	68.18%	165.80	34.80	78.99%	148.80	37.80	74.55%
Grasas y Aceites	50.00	88.80	10.00	88.74%	68.50	17.70	74.52%	55.50	7.00	87.32%	59.40	17.50	70.54%	103.80	30.00	71.10%
SAAM	1.00	8.50	2.50	70.58%	10.00	1.80	81.00%	81.20	1.80	98.03%	12.90	2.40	81.40%	14.50	1.50	89.86%
Sólidos Suspendidos Totales	500.00	193.80	8.00	95.87%	218.30	19.80	90.85%	227.80	11.50	94.94%	163.00	6.00	96.32%	193.80	7.80	95.98%
Sólidos Suspendidos Volátiles	15.00	170.80	8.00	95.32%	58.30	10.50	81.99%	51.00	4.00	92.16%	62.00	4.80	92.58%	159.30	6.30	98.06%
Nitrogeno Amoniacal	5.00	14.70	1.70	88.44%	14.40	1.20	91.67%	14.00	0.80	94.29%	11.80	1.30	89.96%	14.00	2.30	83.57%
Fosforo	0.00	22.20	10.50	52.70%	20.40	8.90	58.37%	19.90	10.80	45.73%	21.10	7.90	62.56%	28.90	14.40	50.17%

PLANTA DE TRATAMIENTO CIUDAD DEPORTIVA

PARAMETRO	CRITERIO	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO		
		IMPULSOS	EN LITROS	SECCIONES												
DBO Total	50.00	149.00	9.80	93.36%	153.00	8.30	94.58%	242.50	12.80	94.72%	224.50	15.20	93.23%	140.00	6.00	98.43%
DBO Soluble	20.00	90.30	6.40	92.81%	84.30	6.20	92.65%	100.30	6.40	93.62%	125.00	4.70	98.24%	57.50	3.00	94.78%
DQO Total	75.00	852.60	73.30	90.70%	322.30	70.40	78.16%	713.30	116.10	83.72%	552.60	150.60	72.75%	401.30	77.70	82.64%
DQO Soluble	50.00	189.80	67.50	89.70%	127.50	56.90	56.18%	215.00	35.60	61.32%	269.80	97.10	63.98%	150.30	59.30	80.55%
Grasas y Aceites	50.00	107.70	16.80	83.54%	54.00	26.00	51.85%	66.80	11.80	82.83%	58.40	17.20	71.04%	82.00	4.50	92.74%
SAAM	1.00	8.80	4.30	34.89%	8.30	5.40	14.29%	8.40	5.70	10.84%	12.00	7.70	35.89%	5.80	3.30	43.10%
Sólidos Suspendidos Totales	500.00	325.80	18.00	35.08%	138.00	14.10	82.78%	228.50	15.90	93.04%	186.80	37.90	73.11%	256.00	18.80	92.60%
Sólidos Suspendidos Volátiles	15.00	209.00	14.50	95.51%	37.00	8.10	78.11%	63.50	5.80	90.87%	77.20	17.10	77.66%	136.30	12.30	90.98%
Nitrogeno Amoniacal	5.00	14.50	9.20	36.55%	15.60	8.30	44.67%	16.70	12.30	26.35%	20.10	19.70	1.98%	18.00	11.20	30.00%
Fosforo	0.00	16.20	12.80	20.37%	16.00	14.10	11.87%	29.30	12.80	56.31%	20.10	15.30	23.86%	17.70	15.00	15.25%

PLANTA DE TRATAMIENTO COYOACAN

PARAMETRO	CRITERIO	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO		
		IMPULSOS	EN LITROS	SECCIONES												
DBO Total	50.00	121.30	7.80	93.57%	124.30	9.00	93.30%	149.30	9.00	93.85%	151.00	8.80	94.17%	100.00	4.00	100.00%
DBO Soluble	20.00	70.00	8.30	91.06%	83.80	7.30	92.22%	26.30	7.70	70.72%	81.20	3.40	94.44%	45.00	2.80	93.71%
DQO Total	75.00	298.50	88.80	70.92%	714.30	63.80	79.70%	337.00	97.30	71.12%	309.20	62.60	78.86%	304.00	53.30	82.47%
DQO Soluble	50.00	153.30	54.30	64.58%	131.30	43.80	68.64%	185.30	65.30	64.70%	176.80	42.80	74.91%	100.85	37.50	82.74%
Grasas y Aceites	50.00	78.80	9.00	88.58%	57.50	15.80	72.52%	32.70	9.00	72.46%	51.00	9.20	81.20%	33.30	3.80	87.48%
SAAM	1.00	7.20	2.80	65.28%	9.50	2.20	76.84%	8.00	2.10	73.75%	9.50	3.00	89.42%	6.00	1.60	73.33%
Sólidos Suspendidos Totales	500.00	110.50	13.50	87.78%	20.00	14.80	84.58%	36.00	10.00	91.58%	149.40	10.00	93.31%	120.50	9.00	93.38%
Sólidos Suspendidos Volátiles	15.00	83.80	11.50	94.87%	27.30	4.80	84.25%	18.70	4.30	77.01%	83.20	5.20	91.77%	79.00	6.30	92.29%
Nitrogeno Amoniacal	5.00	12.80	0.10	99.22%	14.40	0.10	99.32%	14.00	0.20	98.57%	13.20	1.40	88.36%	10.00	4.00	60.00%
Fosforo	0.00	14.60	14.40	11.27%	18.10	15.40	14.30%	20.80	13.80	33.65%	15.20	13.60	19.71%	18.80	14.00	15.66%

PLANTA DE TRATAMIENTO SAN JUAN DE ARAGON

PARAMETRO	CRITERIO	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO		
		DEMANDA	EXPLANTADA	REANEXO												
DBO Total	50.00	152.28	8.00	96.27%	159.88	7.30	96.07%	242.00	21.00	91.67%	207.50	14.00	93.28%	205.80	7.50	96.30%
DBO Soluble	20.00	98.20	7.00	92.87%	87.80	6.30	91.58%	128.00	10.00	92.19%	106.40	94.00	11.65%	62.50	3.50	94.72%
ODG Total	75.00	485.40	94.00	79.81%	414.00	73.50	60.80%	510.30	116.30	77.21%	431.00	134.60	68.77%	459.80	63.30	16.14%
ODG Soluble	50.00	173.80	78.50	56.20%	183.30	61.80	66.28%	290.00	100.50	61.35%	257.40	82.00	68.14%	268.80	48.50	80.97%
Grasas y Aceites	50.00	94.60	4.00	96.14%	85.50	20.70	75.79%	62.00	14.00	73.08%	88.40	13.50	80.28%	85.00	5.30	85.91%
SAAM	1.00	8.20	5.00	39.02%	12.30	5.70	53.66%	12.20	7.40	39.34%	12.50	7.40	40.80%	8.10	3.30	59.26%
Solidos Suspendidos Totales	500.00	217.80	17.00	91.92%	172.50	15.00	91.30%	131.30	23.00	82.48%	159.80	14.60	90.86%	199.50	5.30	97.34%
Solidos Suspendidos Volátiles	15.00	131.50	15.60	88.14%	53.30	7.50	86.87%	10.50	8.50	9.52%	84.20	8.00	92.87%	146.30	5.00	96.58%
Nitrogeno Amoniacal	5.00	19.10	18.30	14.68%	20.30	15.50	23.65%	21.40	17.40	18.69%	23.80	20.00	15.97%	18.40	5.60	67.92%
Fosforo	0.00	15.60	8.80	43.59%	24.80	7.50	69.76%	29.00	15.10	47.93%	32.00	11.80	63.13%	29.30	7.10	74.91%

PLANTA DE TRATAMIENTO CERRO DE LA ESTRELLA

PARAMETRO	CRITERIO	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO		
		DEMANDA	EXPLANTADA	REANEXO												
DBO Total	50.00	128.00	7.80	93.95%	125.30	9.30	92.56%	135.00	13.00	85.33%	118.00	12.80	86.15%	112.30	7.70	95.71%
DBO Soluble	20.00	95.00	8.00	91.68%	89.00	6.00	91.30%	87.80	12.50	81.56%	57.00	4.80	91.58%	44.00	3.00	93.18%
ODG Total	75.00	269.30	69.80	75.87%	262.50	69.50	75.40%	277.30	171.80	38.05%	299.20	79.20	73.63%	319.30	69.70	78.48%
ODG Soluble	50.00	175.30	89.50	83.95%	143.30	49.80	65.25%	169.80	104.80	39.20%	150.40	50.60	66.36%	166.30	42.20	74.54%
Grasas y Aceites	50.00	67.50	5.00	91.05%	44.70	16.80	62.42%	39.80	19.50	51.01%	42.80	17.30	59.39%	57.30	3.30	94.26%
SAAM	1.00	13.30	8.30	52.63%	10.70	4.00	62.62%	9.70	4.20	56.70%	9.40	4.20	55.32%	5.70	2.50	56.14%
Solidos Suspendidos Totales	500.00	123.30	23.80	80.70%	94.00	11.00	88.30%	107.30	44.50	58.53%	103.40	16.00	84.53%	147.70	12.00	91.86%
Solidos Suspendidos Volátiles	15.00	95.50	13.30	79.79%	24.30	5.00	79.42%	25.80	14.30	44.57%	50.00	8.00	84.00%	89.00	4.70	94.72%
Nitrogeno Amoniacal	5.00	10.90	0.90	91.74%	12.80	2.70	78.91%	12.70	3.10	75.59%	13.10	0.40	96.96%	9.70	0.50	94.85%
Fosforo	0.00	13.80	12.80	7.25%	18.50	15.30	7.27%	18.20	13.60	25.27%	22.10	15.90	29.05%	18.80	14.80	11.90%

PLANTA DE TRATAMIENTO TLATELOLCO

PARAMETRO	CRITERIO	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO		
		DEMANDA	EXPLANTADA	REANEXO												
DBO Total	50.00	277.00	29.80	89.16%	193.30	22.50	87.35%	159.30	21.00	87.41%	87.00	14.00	78.10%	55.70	5.70	88.76%
DBO Soluble	20.00	105.80	8.80	91.67%	99.00	8.50	92.18%	102.30	8.70	91.50%	31.80	3.80	88.68%	15.70	3.00	80.89%
ODG Total	75.00	630.50	92.00	85.47%	466.40	83.50	82.09%	529.30	67.50	81.58%	196.60	42.60	78.33%	131.30	42.30	67.78%
ODG Soluble	50.00	195.80	73.80	62.31%	189.50	67.80	64.22%	224.70	78.50	65.08%	78.40	34.80	54.45%	63.00	34.30	45.56%
Grasas y Aceites	50.00	191.60	9.80	94.89%	53.00	19.80	62.64%	101.70	30.70	69.81%	36.60	8.00	74.72%	26.00	5.70	78.08%
SAAM	1.00	13.50	8.70	35.56%	12.00	5.80	53.33%	9.30	9.20	1.06%	8.00	3.80	42.42%	4.40	1.60	65.91%
Solidos Suspendidos Totales	500.00	218.00	14.20	93.49%	245.80	14.00	94.30%	236.70	6.00	97.47%	94.80	4.40	95.36%	77.00	4.70	93.90%
Solidos Suspendidos Volátiles	15.00	180.80	11.80	93.47%	36.50	19.50	83.14%	104.70	4.00	96.25%	44.80	4.00	91.07%	34.70	4.70	87.15%
Nitrogeno Amoniacal	5.00	21.30	8.10	61.97%	22.50	2.80	87.11%	24.80	10.30	58.13%	6.10	5.00	67.21%	4.00	0.50	87.50%
Fosforo	0.00	21.50	14.20	33.67%	22.20	15.10	31.94%	26.50	20.40	23.02%	10.30	2.10	50.47%	10.00	4.90	50.50%

PLANTA DE TRATAMIENTO EL ROSARIO

PARAMETRO	CRITERIO	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO	
		operante	eficiencia	operante	eficiencia	operante	eficiencia	operante	eficiencia	operante	eficiencia
DBD Total	70.00	267.20	4.30 39.47%	300.00	5.80 39.07%	343.80	9.70 37.19%	268.80	5.30 38.03%	264.60	8.30 37.85%
DBD Soluble	20.00	124.40	3.80 38.95%	139.30	2.00 38.56%	160.50	2.00 38.67%	115.60	3.00 37.40%	116.80	3.80 38.75%
DOO Total	75.00	808.80	94.80 95.02%	583.50	89.50 84.92%	659.80	128.00 77.89%	529.80	82.00 84.52%	519.30	101.30 80.49%
DOO Soluble	50.00	278.40	77.20 72.27%	242.80	69.50 71.28%	263.50	94.50 86.87%	252.40	61.00 75.87%	198.30	66.80 84.80%
Grasas y Aceites	50.00	220.00	7.00 38.96%	117.80	19.30 88.18%	107.70	11.80 89.04%	122.80	16.30 88.70%	146.00	54.20 82.62%
SAAM	1.00	14.20	5.30 82.69%	11.80	8.00 42.02%	15.70	4.00 74.52%	18.40	4.40 73.17%	16.30	5.90 83.80%
Sólidos Suspendedos Totales	600.00	223.00	11.80 94.80%	2,108.00	10.00 99.68%	276.50	21.00 92.36%	196.00	12.70 83.14%	77.80	12.80 93.55%
Sólidos Suspendedos Volátiles	15.00	189.20	11.20 94.06%	64.00	7.00 89.00%	81.30	2.50 97.17%	84.80	5.90 94.10%	143.80	11.50 92.14%
Nitrogeno Amónico	5.00	34.00	10.40 80.41%	41.80	14.20 68.87%	29.90	15.30 48.18%	23.80	12.80 82.37%	27.50	20.30 26.45%
Fosforo	0.00	24.50	15.70 35.92%	31.80	22.50 29.25%	33.10	15.30 55.78%	28.10	18.60 33.81%	48.10	19.00 80.50%

PLANTA DE TRATAMIENTO SAN LUIS TLAXIALTEMALCO

PARAMETRO	CRITERIO	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO	
		operante	eficiencia								
DBD Total	50.00	264.80	0.70 26.73%	183.00	0.90 36.14%	252.80	5.50 37.34%	191.80	8.00 56.21%	177.50	2.50 38.25%
DBD Soluble	20.00	285.80	5.00 38.25%	113.70	8.70 92.35%	133.30	4.80 88.40%	97.80	8.00 81.80%	80.00	2.50 88.69%
DOO Total	75.00	412.80	58.00 85.94%	488.00	44.00 90.98%	508.80	95.90 83.14%	282.40	72.00 74.65%	358.30	41.30 88.47%
DOO Soluble	50.00	265.80	46.70 82.81%	214.70	77.20 85.10%	278.00	81.80 77.77%	227.80	32.00 85.53%	168.00	26.00 83.13%
Grasas y Aceites	50.00	70.00	5.30 32.47%	81.30	26.00 57.59%	78.30	13.70 82.50%	82.80	3.00 88.22%	83.00	3.00 84.24%
SAAM	1.00	14.40	1.50 89.56%	16.30	0.80 98.32%	16.80	0.90 94.67%	17.20	0.50 97.09%	13.70	1.00 92.70%
Sólidos Suspendedos Totales	500.00	138.80	4.70 36.61%	93.10	5.00 94.12%	245.20	8.50 97.35%	138.80	4.00 97.12%	127.80	4.00 96.64%
Sólidos Suspendedos Volátiles	15.00	109.80	4.30 96.04%	24.50	4.00 83.67%	82.30	4.00 93.58%	68.60	4.00 94.25%	87.30	4.00 95.42%
Nitrogeno Amónico	5.00	14.90	0.10 29.33%	12.60	0.10 99.21%	16.30	0.10 99.39%	13.10	0.10 99.24%	14.00	0.10 99.29%
Fosforo	0.00	23.90	16.50 30.36%	25.50	24.20 5.10%	27.70	19.10 31.05%	25.20	20.50 18.65%	28.40	26.00 1.52%

PLANTA DE TRATAMIENTO COLEGIO MILITAR

PARAMETRO	CRITERIO	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO	
		operante	eficiencia								
DBD Total	50.00	760.80	37.50 39.07%	753.00	18.30 27.69%	534.30	18.30 36.17%	873.60	44.60 82.25%	861.30	77.00 88.19%
DBD Soluble	20.00	437.20	30.30 53.07%	452.80	11.00 97.62%	282.70	10.30 95.36%	286.00	24.20 81.87%	413.70	17.50 95.77%
DOO Total	75.00	1,256.40	131.40 80.43%	1,445.30	169.70 88.31%	1,302.60	129.30 91.07%	1,981.00	264.80 87.01%	1,495.20	153.00 80.77%
DOO Soluble	50.00	820.80	90.80 85.40%	766.80	103.30 85.37%	717.30	81.30 88.67%	481.80	170.80 84.55%	619.80	94.70 84.72%
Grasas y Aceites	50.00	199.80	16.40 81.71%	204.30	43.60 73.81%	124.30	10.30 81.71%	221.00	23.20 82.98%	261.30	6.70 87.44%
SAAM	1.00	11.40	3.10 72.81%	16.10	6.00 82.73%	19.20	3.80 81.25%	19.80	8.00 50.00%	21.80	4.20 80.73%
Sólidos Suspendedos Totales	500.00	371.20	52.60 85.02%	347.50	73.00 79.99%	345.70	15.70 95.47%	373.40	77.20 70.37%	333.00	21.00 93.69%
Sólidos Suspendedos Volátiles	15.00	318.80	49.20 88.13%	54.80	31.50 31.39%	83.00	6.00 90.00%	177.40	27.80 84.33%	288.50	12.00 95.74%
Nitrogeno Amónico	5.00	25.70	0.70 37.67%	21.20	3.10 54.85%	17.30	0.20 98.89%	25.40	11.60 54.17%	19.70	0.60 98.85%
Fosforo	0.00	37.40	19.80 46.17%	8.00	23.80 32.00%	49.40	16.50 66.60%	68.60	23.70 58.40%	44.70	21.90 51.01%

PLANTA DE TRATAMIENTO RECLUSORIO SUR

PARAMETRO	CRITERIO	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO		
		OPUSCULOS	ENCUENTROS	SESIONES												
DDO Total	50.00	81.20	6.40	92.12%	103.30	6.30	94.07%	106.70	13.70	87.16%	142.70	15.50	86.14%	234.00	11.30	96.17%
DDO Suspenso	20.00	19.60	6.80	71.43%	16.00	7.50	78.12%	14.00	7.70	45.00%	8.70	5.50	36.78%	7.80	6.70	14.10%
DDO Total	75.00	150.00	73.40	51.07%	212.30	71.10	65.23%	274.70	100.30	63.49%	164.30	73.00	56.57%	271.70	89.00	74.60%
DDO Suspenso	50.00	52.80	40.40	23.40%	71.70	40.00	44.21%	126.70	81.70	36.52%	80.30	41.50	50.18%	110.50	45.30	59.00%
Grupos y Actividades	50.00	27.00	4.40	83.70%	43.00	16.00	82.79%	58.00	26.30	56.38%	24.00	10.30	57.08%	18.30	8.00	87.21%
SAAN	1.00	2.90	1.70	41.38%	4.40	2.23	49.32%	2.20	1.10	50.00%	3.70	2.20	40.54%	2.00	1.20	40.00%
Sueldos Suspendidos Totales	500.00	112.40	2.20	98.04%	218.30	8.70	98.01%	284.00	25.70	80.95%	118.30	19.30	84.68%	216.50	15.80	92.70%
Sueldos Suspendidos Voluntarios	15.00	79.40	17.60	77.83%	108.00	4.30	96.02%	119.30	11.30	80.57%	60.00	8.30	86.83%	159.80	8.50	94.68%
Nitrogeno Amontacal	5.00	6.20	1.70	72.58%	2.30	1.70	26.09%	4.70	2.70	42.55%	15.50	3.00	80.65%	9.80	2.10	78.13%
Tratado	0.00	8.40	7.80	17.02%	12.20	8.10	33.61%	16.80	4.90	70.83%	17.70	6.00	71.76%	20.40	9.90	51.47%

REPORTE 3. BIOTRATAMIENTO

Archivo

149

Mes:

Año:

Operario:

dia	Aire		DBO5		S.S.	S.S.V.	Remoción T.		DO	SSLM	Lodo Índice*	OD	Lodo ret.	Lodos	
	M3	M3/DBO5	entrada	salida	salida	salida	BOD	SS	mg/l	%	de lodo	mg/l	M3	S.S. salida	
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%	%					mg/l	M3	
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
prom.															

* El Índice es el % del vol. de lodos despues de asentados 30 min./S.S.

REPORTE 4. LODOS

Achara rept

Mes: Año: Operario:

día	LODO CRUDO						LODO EN DIGESTION					LODO DIGERIDO				LIQUIDO	
	VOL M3	pH	ST %	SV %	DOO mg/l	N mg/l	pH	ST %	SV %	DOO mg/l	OD N	pH	ST %	SV %	N mg/l	ST %	N mg/l
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
21																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
prom.																	

ST = sólidos totales, SV = Sólidos volátiles, DOO = Demanda Química de Oxígeno, OD = Oxígeno disuelto

ENCUESTA SOBRE EFLUENTES**CONFIDENCIAL**

Nombre: _____

Fecha: _____

Empresa: _____

Tel: _____

CONTAMINANTES POTENCIALES

¿Usan cromatos en las torres?: _____

¿Que desinfectante usan?: _____

¿Que detergentes usan?: _____

¿Usan insecticidas?: _____

¿Que metales procesan?: _____

¿Usan mercurio?: _____

TRATAMIENTO ACTUAL A LOS EFLUENTES

	si o no	resultados
Ninguno:	_____	_____
Ecualización:	_____	_____
Neutralización:	_____	_____
Reacción química:	_____	_____
Separación:	_____	_____
Decantación:	_____	_____
Floculación:	_____	_____
Trat. anaeróbico:	_____	_____
Trat. aeróbico:	_____	_____

Esta información es confidencial, y es solo para el uso de la empresa encuestada.

Preparada por:

firma

fecha

He examinado los datos de esta documento y conozco la información anotada y creo que es verdadera, correcta, y completa.

Sr.:

firma

fecha

" GLOSARIO "

Abiotico.- Sustancia abiotica, dicese de aquella que es fundamental en el ecosistema, como el agua, el oxígeno, etc.

Abrasión.- Acción de desgastar por fricción.

Absorción.- Ejercer atracción de una sustancia sólida sobre un fluido con el que esta en contacto de modo que las moléculas de este penetren en ella.

Actinomicetos.- ó actinomitosis, enfermedad infecciosa del ganado que produce tumores supuratorios.

Acueducto.- Conducto natural o artificial ya sea subterráneo, superficial o elevado, para conducir agua de una fuente de abastecimiento a un depósito determinado o a la red.

Adsorción.- La adherencia de sólidos disueltos, coloidales o finamente divididos a la superficie de cuerpos sólidos, con los cuales han sido puestos en contacto.

Aereación.- Poner en íntimo contacto con el aire un líquido, por medio de algún método disponible.

Aerobio.- Se dice del ser vivo que necesita aire para vivir.

Aforo.- El volumen del líquido que fluye por un conducto, o canal en la unidad de tiempo.

Agua pluvial.- La generada por la precipitación de los condensados de vapor atmosférico.

Agua potable.- Agua exenta de contaminación objetable, minerales e inocua, y que se considera satisfactoria para el consumo doméstico y cuya infección no causa efectos nocivos a la salud.

Agua residual.- Es el líquido de composición variada, resultante de cualquier uso primario del agua por el que halla sufrido degradación original. Tiene variación según su origen como industrial, doméstico, etc.

Agua residual tratada.- Es el líquido de composición variada proveniente del agua residual y resultante de un conjunto de operaciones y procesos de tratamiento, ya sea primario, secundario o terciario.

Alcantarillado.- Es la red o sistema de conductos y dispositivos para recolectar o conducir las aguas residuales y pluviales al desagüe o drenaje.

Algas.- Vegetales rudimentarios de una o varias células, usualmente acuáticos y capaces de elaborar sus propios alimentos por fotosíntesis.

Anaerobio.- Se le denomina al ser vivo que no necesita aire para vivir.

Autopurificación.- Es el proceso natural de purificación de una masa de agua, en movimiento o en reposo, en virtud del cual se disminuye el contenido de bacterias y se satisface la mayor parte de la DBO: la materia orgánica que contiene es estabilizada y el contenido de oxígeno disuelto vuelve a su concentración normal.

Aversión.- Repugnancia que se tiene a un objeto.

Autopurificación.- Es el proceso natural de purificación de una masa de agua, en movimiento o en reposo, en virtud del cual se disminuye el contenido de bacterias y se satisface la mayor parte de la DBO, la materia orgánica que contiene es estabilizada y el contenido de oxígeno disuelto vuelve a su concentración normal.

Bacterias aerobias.- Bacterias que requieren de oxígeno libre para su desarrollo.

Bacterias anaerobias.- Bacterias que se desarrollan en ausencia de oxígeno libre y que extraen oxígeno de las sustancias complejas al descomponerlas.

Bacterias facultativas.- Son bacterias que se adaptan por sí mismas al desarrollo por tanto en presencia como en ausencia de oxígeno.

Bacterias coliformes.- Grupo de bacterias que habitan predominantemente en el intestino del hombre, pero también se encuentran en los vegetales, incluyendo todos los bacilos aerobios, anaerobios y facultativos.

Bacterias parásitas.- Bacterias que crecen a expensas de otros organismos vivos.

Bacterias patógenas.- Bacterias que pueden causar enfermedades.

Bacterias saprofitas.- Son bacterias que se desarrollan a base de materia orgánica muerta.

Barranca.- Cauce natural de diferentes medidas, originado por los escurrimientos pluviales y condiciones topográficas.

Canal.- o cauce abierto, es un conducto superficial natural o artificial que recoge, conduce, transporta y evacua agua.

Carcamo.- Estructura para alojar agua.

Carro tanque.- Vehículo acondicionado para transportar agua (pipa).

Caudal.- (flujo) Volumen de agua conducida en la unidad de tiempo.

Cianuros.- Combinación del cianógeno con un metal o un radical, los cianuros más conocidos son los de sodio y potasio (CNK, NaCN).

Coagulación.- La aglomeración de materia suspendida coloidal o finamente dividida, por la adición al líquido de un coagulante químico apropiado por un proceso biológico o por otros medios.

Colector.- Conducto principal en donde convergen aguas pluviales y residuales de la red secundaria de drenaje.

Coloides.- Sólidos finamente divididos que no se sedimentan, pero que pueden ser separados por coagulación o por acción bioquímica.

Contaminación.- (en el agua) la adición al agua de aguas residuales, desechos industriales o cualquier otro material dañino u objetable.

Convectivo.- Producción de corrientes en un líquido en contacto con un cuerpo caliente.

Cromatos.- Sal que se forma con un ácido crómico.

DBO.- Demanda Bioquímica de Oxígeno, es la demanda biológica de oxígeno que utilizarán las bacterias en el proceso de degradación, se mide en mg/lit.

D.D.F. - Departamento del Distrito Federal.

Deificar.- Divinizar, ensalzar excesivamente.

Deleterios.- Venenoso, mortífero, que corrompe o destruye.

DQO.- Demanda Química de Oxígeno. Es el oxígeno necesario para oxidar la muestra de agua a su totalidad. La relación entre

$$\frac{DEO_{20}}{DQO} < 65\%$$

esta relación refleja aproximadamente la biodegradabilidad de una muestra.

Desazolve.- Extracción de residuos sólidos acumulados en tuberías, pozos, lagos, lagunas, presas y en general en cualquier estructura hidráulica ya sea natural o artificial.

Descarga.- Las aguas residuales y pluviales que se vierten al sistema de alcantarillado y/o drenaje.

Desecho.- Aquellos residuos en suspensión o solución que contiene el agua y que se transportan a través de los conductos del drenaje y el alcantarillado.

Detrimento.- Destrucción leve o deterioro parcial.

Drenaje.- Sistema de caños o tubos de diversos diámetros para el desague de desechos y aguas que capta la red de alcantarillado del Distrito federal.

Efluente.- Es el líquido que fluye hacia afuera de una planta de tratamiento y que a su paso por diferentes procesos unitarios de tratamiento ha perdido su poder contaminante.

Elutriación.- Un proceso de acondicionamiento de lodos, en el cual ciertos constituyentes son eliminados por sucesivas decantaciones con agua limpia o efluente de la planta, disminuyendo así la demanda de sustancias químicas para su acondicionamiento.

Endógena. - Que se origina o nace en el interior.

Entericos. - Del intestino.

Espumación. - El proceso de separar la masa flotante o espuma, de la superficie de un tanque de aguas residuales.

Esterilización. - La destrucción de todo organismo vivo, ordinariamente mediante el empleo del calor, o de un producto químico.

Fermentación. - Proceso lento de cambio o descomposición de sustancias animales o vegetales, producido por la acción catalítica de un fermento, acompañado de efervescencia y evolución de calor.

Filtro. - Es un dispositivo para separar los sólidos de un líquido, mediante algún tipo de colador.

Flóculo. - Pequeña masa gelatinosa formada de un líquido por la adición de coagulantes o por medio de procesos bioquímicos o por aglomeración.

Flotación. - Un método para hacer subir a la superficie del líquido de un tanque, la materia suspendida en forma de natas.

Fosa séptica. - Depósito sanitario donde se acumulan aguas residuales para un tratamiento primario.

Germicida. - Dicese de los agentes o sustancias que destruyen germenos.

Grasa. - En aguas residuales el término grasa incluye a las grasas propiamente dichas, ceras, ácidos grasos libres, jabones, aceites, etc.

Hidrante. - Surtidores de agua de diferentes diámetros para servicio público.

Hongos. - Pequeñas plantas que no producen clorofila, que carecen de raíces, tallo y hojas y que se encuentran entre otros lugares en el agua, aguas residuales, o efluentes de aguas residuales y que crecen mejor en ausencia de la luz.

Inerte. - Se dice de la sustancia que permanece inactiva en una combinación de ingredientes.

Inhiben. - Suspender una función del organismo.

Inocuas. - Que no hace daño.

Inodoro. - Se aplica a los aparatos de retretes provistos de un sifón, que funciona con agua corriente para impedir el paso de los malos olores.

Lago recreativo. - Depósito de agua residual o pluvial en un área de terreno destinada a la diversión.

Laguna de infiltración. - Depósito de agua residual tratada o pluvial destinada a recargas de mantos freáticos.

Laguna de regulación. - Depósito destinado a la captación de aguas pluviales y residuales para su almacenamiento temporal, a fin de regular los excedentes en la red principal de drenaje.

Ley ecológica. - La ley del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Licor mezclado. - La mezcla de lodos activados y aguas residuales en el tanque de aereación durante el tratamiento con lodos activados.

Lignina. - Sustancia orgánica que impregna los tejidos de la madera.

Limítrofe. - Colindante, contiguo.

Lixiviados. - Lixiviar. - Tratar una sustancia compleja por un disolvente adecuado para obtener la parte soluble de ella.

Lodo. - Los sólidos depositados por las aguas residuales, o desechos industriales, crudos o tratados, acumulados por sedimentación en tanques o estanques y que contienen gran cantidad de agua para formar una masa semilíquida.

Lodos activados. - Lodo floculante producido en las aguas residuales crudas o sedimentadas, por el desarrollo de la zooglea bacteriana y otros organismos, en presencia de oxígeno disuelto y acumulados en concentración suficiente para recircular el floculo previamente formado.

Manantial. - Lugar donde aflora o nace el agua en forma natural.

Microorganismos. - Diminutos organismos vegetales o animales, invisibles o apenas visibles a simple vista.

Miríada. - Cantidad muy grande, pero indefinida.

Morbilidad. - Proporción de personas que enferman en un mismo sitio y tiempo.

Nata. - Una masa de material sólido que flota en la superficie del agua.

Nitrificación. - La oxidación del nitrógeno amoniacal a nitratos por medios bioquímicos.

Noria. - Maquina antigua para extraer agua de un pozo.

Oneroso. - Dicese de lo costoso, caro.

Otrora. - En otro tiempo.

Oxidación de aguas residuales. - Proceso en virtud del cual, y através de la acción de organismos en presencia de oxígeno, la materia orgánica contenida en las aguas residuales es convertida en formas más estables.

Planta potabilizadora. - Instalación industrial compuesta de un conjunto de unidades de proceso que mejora la calidad del agua para el consumo humano.

Planta de tratamiento. - Instalación industrial compuesta de un conjunto de unidades de proceso que depuran las aguas residuales a fin de reutilizarse de conformidad con las normas de salud y ecológicas establecidas.

Pozo de infiltración. - Instalación construida para recargas

los mantos freáticos con las aguas pluviales y/o tratadas.

Pozo de observación.— Excavación de sección circular construida para medir los niveles freáticos y determinar la calidad del agua subterránea.

Proceso biológico.— El proceso por el cual la actividad vital de las bacterias y otros microorganismos, en busca de alimento, descompone los materiales orgánicos complejos, en sustancias más simples y estables.

Proceso de lodos activados.— Proceso de tratamiento biológico de aguas residuales, en el cual una mezcla de aguas residuales y lodos activados es aerada, después se separan los lodos activados de las aguas residuales tratadas (licor mezclado) por sedimentación y se desechan o reintegran al proceso según convenga.

Purificación.— La eliminación por metodos naturales o artificiales de la materia inconveniente del agua.

Pútrefacción.— La descomposición biológica de la materia orgánica con producción de malos olores que van asociados a condiciones anaerobias.

Putrescibilidad.— La tendencia relativa de la materia orgánica a sufrir descomposición en ausencia de oxígeno.

Recirculación.— El retorno del efluente a la entrada del flujo para rebazar su fuerza.

Remanentes.— Resto, sobrante, residuo.

Riego.— Acción de esparcir agua sobre la tierra por diferentes metodos.

Río entubado.— Corriente o cauce natural confinada por medios artificiales.

Saneamiento.— El termino que abarca todos los recursos para recoger, bombear, tratar y evacuar las aguas residuales.

Sedimentación.— Es el proceso de asentar y depositar la materia suspendida que arrastra el agua, las aguas residuales u otros líquidos por gravedad.

Tánico.— (licor).— Sustancia astringente que se encuentra en algunos productos vegetales y que se emplea generalmente para curtir pieles.

Tratamiento.— Es cualquier proceso definido para modificar las condiciones de la materia.

Primario.— Proceso de tratamiento de aguas residuales que remueven a los sólidos sedimentables.

Secundario.— Proceso de tratamiento de agua residual en el que la materia orgánica ha sido oxidada y el agua resultante esta clarificada y no es putrescible.

Terciario.— Proceso de tratamiento de aguas residuales por el que se eliminan materiales en suspensión y solubles, orgánicos e inorgánicos y contaminantes químicos y biológicos.

Usuario.— La persona física o moral que utilice los servicios públicos de agua potable, o residual tratada, así como el drenaje.

" REFERENCIAS "

BIBLIOGRAFICAS

- 1.- El sistema hidráulico del Distrito Federal. DGCCH.
México D.F. 1982.
- 2.- Manual de Tratamiento de Aguas negras. Departamento de Sanidad del estado de Nueva York.
México D.F. 1989.
- 3.- Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales, vol. II. Fair, Geyer y Okun.
México D.F. 1989.
- 4.- Fundamentos de Control de la calidad del agua. T.H.Y. Tebbutt.
México D.F. 1990.
- 5.- Abastecimiento de Agua potable y disposición y eliminación de excretas. Pedro López Alegria. IPN.
México D.F. 1990.
- 6.- Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal.
México D.F. 1990.
- 7.- Reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas.
México D.F. 1973.
- 8.- Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.
México D.F. 1989.
- 9.- Plan Maestro de Tratamiento y Reuso. DGCCH.
México D.F. 1982.
- 10.- Análisis de factibilidad técnica, económica y operacional de aplicación de normas para el reuso de aguas residuales tratadas en el Distrito Federal. DGCCH.
México D.F. 1987.
- 11.- Opciones para el tratamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales del DDF. DGCCH.
México D.F. 1990.
- 12.- Manual de muestreo y análisis de laboratorio para el control del proceso en las plantas de tratamiento de aguas residuales. DGCCH.
México D.F. 1987.

- 13.- Estudio de mercado de aguas renovadas. DGCCH.
México D.F. 1984.
- 14.- Sistema Cutzamala. SARH.
México D.F. 1987.
- 15.- Agua e Ingeniería. Revista Ingeniería Civil No 265. CICM.
México D.F. 1989.
- 16.- Memoria Programa Uso Eficiente del Agua. PUEDA. DGCCH.
México D.F. 1990.
- 17.- El sistema de drenaje profundo de la Ciudad de México.
DGCCH.
México D.F. 1990.
- 18.- Revista Muy Interesante. "S.O.S. agua nuestra fuente de vida
en peligro"
México D.F. Diciembre 1991.
- 19.- Revista Muy Interesante. "Especial ecológica"
México D.F. Abril 1992.
- 20.- Revista Epoca. "Todo se contamina, vivir en suciedad"
México D.F. Abril 1992.
- 21.- Revista Contenido. "Contaminación y corrupción"
México D.F. Junio 1992.
- 22.- Revista Selecciones Reader's Digest. "Escandalo del
Envenenamiento con plomo"
México D.F. Agosto 1992.
- 23.- Unidad Experimental de Tratamiento Avanzado cerro de la
estrella. DGCCH.
México D.F. 1990.
- 24.- Planta de tratamiento de aguas residuales San Luis
Tlaxiáltemalco. DGCCH.
México D.F. 1990.
- 25.- Planta de tratamiento de aguas negras en Ciudad
Universitaria. UNAM.
México D.F. 1968.
- 26.- Contaminación de Aguas. ENEP Acatlán. Ma del Carmen
Fernandez Orozco. Semestre 91-I.
Acatlán Edo. de México. 1991.
- 27.- Tratamiento de aguas municipales, industriales y reusos,
Facultad de Ingeniería. UNAM. División de Educación continua. 1992
- 28.- Tratamiento de Efluentes, Diseño en lutas 123. Facultad de
Ingeniería. UNAM. División de Educación Continua. 1993.