

29
108



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

CONTROL REGIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N :

RAUL GILBERTO MEDINA MEDINA

ERNESTO NOGUEZ RODRIGUEZ

LUIS QUEZADA CAMACHO

ALBERTO ROJAS CORONA

CELESTINO VELA TORRES

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

<u>CAPITULO I</u>	
<u>INTRODUCCION</u>	1
<u>CAPITULO II</u>	
<u>INGENIERIA SANITARIA Y CALIDAD DEL AGUA</u>	
2.1 Inicios del Saneamiento.	2
2.2 La Ingenieria Sanitaria y la Salud.	3
2.3 Ciencias Relacionadas con la Ingenieria Sanitaria.	4
2.4 Importancia de la Ingenieria Sanitaria.	5
<u>CAPITULO III</u>	
<u>AGUAS RESIDUALES</u>	
3.1 El Elemento Agua.	7
3.2 Usos del Agua.	7
3.3 Importancia Socioeconómica del Agua.	8
3.4 Origen de las Aguas Residuales.	9
3.5 Tipos de Aguas Residuales.	9
<u>CAPITULO IV</u>	
<u>CONTAMINACION DEL AGUA</u>	
4.1 La Contaminación del Agua.	11
4.2 Tipos de Contaminantes.	12
4.3 Tratamiento de las Aguas Residuales.	15
4.4 Sistemas de Tratamiento.	16
4.5 Selección del Sistema de Tratamiento	19
<u>CAPITULO V</u>	
<u>ASPECTOS LEGALES RELACIONADOS CON LA CONTAMINACION DEL AGUA</u>	
5.1 Conceptos Generales.	25
5.2 Antecedentes Legales.	25
5.3 Legislación Vigente Relativa al Agua.	30
5.4 Normas Técnicas Ecológicas.	32
<u>CAPITULO VI</u>	
<u>CONTROL REGIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA</u>	
6.1 Conceptos Generales.	35
6.2 Panorama de la Contaminación del Agua en México.	35
6.3 Enfoques para la Protección de la Calidad del Agua.	37
6.4 Opciones para el Control de la Calidad del Agua.	39
6.5 Consideraciones para la Implantación de un Sistema Regional de Control de la Calidad del Agua.	40
6.6 Análisis Económico.	41
<u>CAPITULO VII</u>	
<u>ASPECTOS ADMINISTRATIVOS DEL CONTROL REGIONAL DEL AGUA</u>	
7.1 Aspectos Generales.	44
7.2 Organización Administrativa.	45
7.3 Tipos de Usuarios.	48

7.4	Parametros de Cobro.	47
7.5	Cuotas y Tarifas.	48

CAPITULO VIII
ANALISIS DE UN CASO PRACTICO

8.1	Generalidades.	51
8.2	Metodologia del Prorrateso.	51
8.3	Datos de Proyecto y Solución del Prorrateso.	52
8.4	Determinación de Tarifas.	54
8.5	Calculo de Cuotas.	55

CAPITULO IX
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1	Conclusiones.	56
9.2	Recomendaciones.	57

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

En el ciclo natural no existen desechos en el sentido de pérdida, cada entidad viviente posee su propia substancia y al cumplir con su ciclo de vida, es devuelta al almacén natural para ser reutilizada en otro ciclo superior y así sucesivamente.

El hombre hace uso insuficiente de los recursos naturales que se apropia y al procesarlos crea una enorme cantidad de desechos (sólidos, líquidos y gaseosos) de los cuales, una mínima parte se reusa en otros propósitos, pero inevitablemente es la enorme mayoría de los desechos los que se disponen de ellos de formas muy variadas y sin control; algunos se tiran en basureros, otros se queman, algunos mas se entierran, otros se diseminan en las ciudades y zonas rurales, una buena parte se descarga en los intrincados sistemas de alcantarillado para alcanzar por último los ríos, lagos estuarios, o el mar, provocando alteraciones en los ciclos naturales de cada cuerpo receptor, es decir, creando contaminación y alteraciones ecológicas irreparables.

El problema de la disposición de desechos es complejo, pero independientemente de como se traten a los desechos, debemos comprender que siempre quedará algo como residuo sin poderse eliminar por lo que el hombre deberá aprender a vivir con ciertos grados de contaminación. Por otro lado, la eliminación de desechos y el control de la contaminación forman parte integral del problema de la explotación, uso y manejo de los recursos disponibles de agua, acentuando la importancia socioeconómica del recurso agua.

La estructura socioeconómica de una región se modela en alto grado por los recursos de agua disponibles y por la manera en que se usan, administran y manejan. En el mundo se vive una carrera tecnológica impresionante y paralelamente a ésta expansión industrial viene una corriente migratoria aumentando la población en las ciudades industriales sin precedente, dando lugar a un aumento desproporcionado de la demanda de agua, originando conflictos y rivalidades entre los usuarios por lo cual, el complejo problema de eliminación de desechos y control de la contaminación se intensifica. Sin embargo, una crítica revisión de los usos del agua y del impacto sobre la orientación real sobre la solución de éstos problemas.

Por lo anteriormente expuesto, debemos tomar conciencia que la solución a éstos problemas que nos afectan, en muchos de sus aspectos no es tan solo de la Ingeniería Sanitaria, sino en gran parte de la madurez política y social del hombre.

C A P I T U L O I I

LA INGENIERIA SANITARIA Y LOS PROBLEMAS DE LA CALIDAD DEL AGUA

2.1 INICIOS DEL SANEAMIENTO

Una escena típica en las ciudades de hace mas de un siglo, podria describirse en horas de congestionamiento de transito como sigue: por las calles circulan carruajes arrastrados por caballos y peatones que se hunden hasta los tobillos en el lodo de las calles sin pavimentar; los carromatos de lavado y los que acarrean el contenido de las letrinas salpican y escurren sus cargas, pero esto no se advierte por el estiércol y orina de los caballos. Los olores son nauseabundos, la basura se apila en los patios traseros pudriéndose y dejando escapar miasmas; por las calles escurren las aguas negras.

A lo largo de las calles, carnicerías y curtidurías manejan sus olorosas instalaciones y apenas en los límites urbanos, se tiran y pudren animales muertos.

La escena descrita era normal en las poblaciones mas o menos grandes, con una zona comercial y de negocios. En nuestro País aún existen pueblos en donde se ven correr por mitad de la calle aguas de lavado y otros quehaceres domésticos.

Como consecuencia de tales condiciones de vida, grandes y terribles epidemias asolaron a la humanidad moviendo a los hombres de la época a buscar solución al problema del manejo y disposición de los desechos humanos, en tal búsqueda tuvieron un importante papel los Ingenieros.

Desde la antigüedad hubo ciudades provistas de sistemas de drenaje, entre las mas antiguas está la gran cloaca subterránea de la Roma antigua, sin embargo, tales sistemas se usaban sólo para disponer de las aguas pluviales, mas aún, hasta mediados del siglo XIX se prohibía descargar desechos fecales y de otra clase a los alcantarillados pluviales. En las alcantarillas de Londres se excluyó la excreta humana hasta 1815; de las de Boston hasta 1833 y de las de París hasta 1880, para citar algunos ejemplos.

Aún cuando el hombre siempre ha reconocido la importancia del agua para las necesidades internas del cuerpo, el reconocimiento de su importancia para la salud se efectuó hace apenas un siglo aproximadamente. El agua interviene en la diseminación de enfermedades de dos maneras, mediante la ingestión directa del agente infeccioso al beber agua contaminada o a causa de la falta de agua suficiente para propósitos de higiene.

Con anterioridad se creía que eran las miasmas que se levantaban desde las acumulaciones de basura y desechos las causantes de las enfermedades. Durante la segunda mitad del siglo XIX, el eminente científico francés Louis Pasteur, realizó sus revolucionarios descubrimientos microbiológicos, que conducirían al conocimiento de

la transmisibilidad de algunas enfermedades a través del agua, tales como el cólera y la fiebre tifoidea.

La Fig.1 ilustra las vías de transmisión de enfermedades intestinales.

Conocido el peligro, la atención de los Ingenieros se consagró por mucho tiempo, primordialmente a dotar a las comunidades con abastecimientos de agua confiable, lo que no resolvió del todo el problema. Para completar la solución se observó que evacuar los desechos humanos a través de los alcantarillados pluviales era una decisión que había que tomar.

Fue así, como los Ingenieros se iniciaron en la resolución de problemas de tipo sanitario y como recayó en ellos la denominación de Ingenieros Sanitarios.

2.2 LA INGENIERIA SANITARIA Y LA SALUD

Para situar a la Ingeniería Sanitaria dentro del contexto en que se desenvuelve su práctica, conviene citar algunos conceptos emitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, no sólo la ausencia de enfermedades.

El deterioro del ambiente principió cuando el hombre paso, con el descubrimiento de la agricultura de la fase nómada de su existencia a la vida sedentaria. Al agruparse, los hombres aprendieron a almacenar alimentos, practicar el pastoreo, cultivar plantas alimenticias y a construir pueblos y ciudades. Al aumentar en número, necesitaron de mas tierras agrícolas y de cultivarlas todo el año, aprendieron así a construir presas y canales a fin de manejar adecuadamente el agua que requerían para riego.

Como resultado del agrupamiento de personas en las ciudades, surgió el hecho de quedar expuestas al impacto de las epidemias que junto con las guerras y hambrunas, cobraron un alto precio en vidas humanas.

Al principio el impacto de las actividades humanas no era notorio, pero al paso del tiempo, se hizo evidente que la acción de los hombres dañaba el ambiente alterando la calidad del aire, suelo y agua en muchas ocasiones con graves peligros para la salud pública.

La Ingeniería Sanitaria contribuye a la preservación de la salud, mediante la realización de obras diversas para prevenir y controlar el deterioro del ambiente.

Con el tiempo, ha habido cambios en la filosofía de la práctica de la Ingeniería Sanitaria a causa de la intensificación de problemas viejos y el surgimiento de problemas nuevos. A los objetivos originales se han incorporado otros relativos a campos del conocimiento tales como la biología, estadística, economía, etc.,

con lo que surge una nueva denominación para esta especialidad de la Ingeniería, definida por la OMS como "La aplicación de los principios de la Ingeniería a la regulación, modificación o adaptación de los factores físicos, químicos y biológicos del medio en beneficio del hombre y de su bienestar físico y moral" y a la que denomina como Ingeniería Ambiental o Ingeniería del Ambiente.

Bajo este enfoque, la práctica de la Ingeniería Sanitaria o Ambiental se relaciona con el uso de los sistemas del agua, aire y suelo éstos representan recursos que deben ser conservados, así como utilizados en el mejor beneficio del ser humano.

Entre las actividades que la Ingeniería Sanitaria desarrolla para el saneamiento del medio se pueden destacar:

- a) Abastecimiento de agua potable.
- b) Recolección y disposición de aguas residuales.
- c) Recolección y disposición de desechos sólidos.
- d) Control de insectos y roedores.
- e) Preservación e higiene de los alimentos.
- f) Saneamiento de la vivienda y locales de servicio público.
- g) Saneamiento de lugares de recreo.
- h) Higiene y seguridad industrial.
- i) Control de la contaminación atmosférica y por ruidos.

2.3. CIENCIAS RELACIONADAS CON LA INGENIERIA SANITARIA.

Cualesquiera que sean las actividades del Ingeniero en la práctica de la Ingeniería Sanitaria o Ambiental, puesto que la mayoría de los problemas implican relaciones entre organismos vivientes y el medio; los procedimientos analíticos necesarios para obtener información, son a veces una mezcla de métodos físicos, químicos y biológicos, y la interpretación de los datos se relaciona con el efecto sobre la existencia de los organismos; deberá poseer conocimientos que otras disciplinas científicas, lo que no significa que por sí mismos los Ingenieros Sanitarios deban resolver todos los problemas, pero sí que deben estar preparados para coordinar su actividad con otros especialistas o para dirigir en su caso grupos interdisciplinarios de profesionistas, encaminados a la resolución de problemas relativos a la salud pública o a las condiciones ambientales.

A continuación se enumeran y describen brevemente algunas de las más importantes disciplinas científicas que se relacionan con la práctica de la Ingeniería Sanitaria.

MICROBIOLOGIA - La microbiología es la ciencia que estudia los

microorganismos. Para la Ingeniería Sanitaria es un campo de aplicación que se interesa por la solución práctica de problemas, estudiando las reacciones bioquímicas que realizan los microorganismos, generalmente sin interesar la identidad de los múltiples organismos que intervienen, sino la reacción y resultados producidos por la masa total.

EPIDEMIOLOGIA - La epidemiología estudia las enfermedades que afectan a las comunidades humanas y a no de manera aislada a algunos de sus miembros, su evolución, medios de transmisión y las medidas de prevención y control al respecto. Para la Ingeniería Sanitaria es de interés su conocimiento porque da la pauta para tomar las medidas necesarias de saneamiento para evitar epidemias.

QUIMICA - En la práctica de la Ingeniería Sanitaria es útil conocer las reacciones de los compuestos químicos usados en los procesos empleados para modificar o transformar las características de las aguas naturales o residuales.

ECOLOGIA - Dado que la Ingeniería Sanitaria trata con problemas del ambiente, el estudio de la ecología, ciencia que versa sobre las relaciones entre los organismos y el medio que los rodea, es de gran utilidad porque a partir de los conocimientos que proporciona se puede decidir la conducta a seguir en el tratamiento y resolución de tales problemas.

ESTADISTICA - Ciencia que tiene por objeto agrupar metódicamente todos los hechos que se prestan a evaluación numérica. En Ingeniería Sanitaria se usa para elaborar índices, razones, tasas y otros elementos vitales para conocer la eficiencia de las obras en la interpretación de muestreos, etc.

PLANIFICACION - La planificación es la ciencia que tiene por objeto establecer programas económicos con indicación de los objetivos a alcanzar y de las etapas a seguir, así como la estructuración de organismos adecuados para su realización. En la Ingeniería Sanitaria la planificación es de absoluta necesidad en la preparación de estudios, proyectos, construcción y operación de obras.

ECONOMIA - En términos generales las obras que diseñan y construyen los Ingenieros Sanitarios, tienen un impacto económico directo en la economía de regiones y aún de naciones enteras, por lo que es necesario conocer algunos principios de la ciencia que estudia el conjunto de actividades de los grupos humanos para la producción, distribución y consumo de la riqueza, o sea la Economía.

DERECHO - Es muy conveniente que el Ingeniero Sanitario esté al tanto de la legislación que norma el campo en que se desarrollan sus actividades, para no incurrir en infracciones y ajustarse a ellas de manera que se satisfaga el objetivo perseguido sin problemas legales.

2.4 IMPORTANCIA DE LA INGENIERIA SANITARIA

Por lo anterior, es notoria la importancia de la Ingeniería Sanitaria, pues la correcta aplicación de sus principios y recursos, hace posible la existencia del hombre dentro de un ambiente adecuado para un rendimiento eficiente y una vida confortable.

El crecimiento demográfico ha dado lugar a monstruosas aglomeraciones urbanas, donde a veces es preciso recorrer grandes distancias para llegar a algún lugar en donde se puedan admirar los colores que la primavera pone en sus campos. Hay ocasiones en que no es posible contemplar las estrellas a través de una atmósfera sucia a causa del palio gaseoso que cubre las ciudades; el incremento del ruido toma proporciones peligrosas en algunos sectores de las ciudades grandes sobre todo.

El progreso científico y tecnológico ha dado lugar a la fabricación de productos nuevos y si bien es cierto que se aprovechan una mayor fracción de la materia prima, también lo es que se tira una mayor cantidad de desechos de todo tipo, lo que atenta contra la naturaleza, reduciendo o nulificando los beneficios obtenidos a través de las obras de Ingeniería en general, por lo tanto, la Ingeniería Sanitaria es la rama que aportaría las bases técnicas, normas, etc., que permitan evitar o reducir el impacto negativo que dichas obras puedan provocar en las condiciones ambientales.

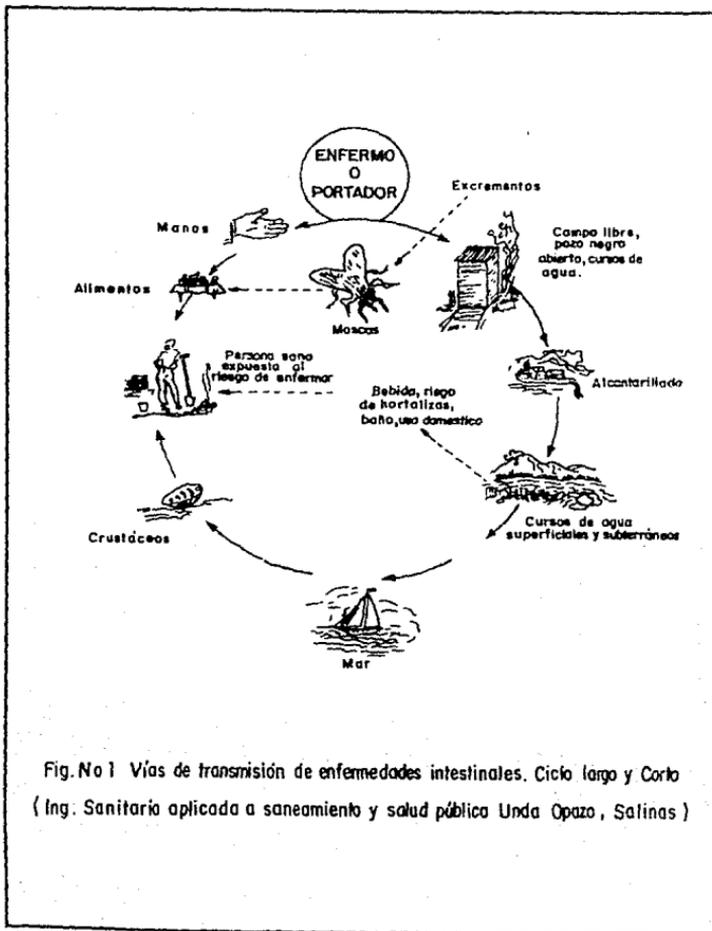


Fig. No 1 Vías de transmisión de enfermedades intestinales. Ciclo largo y Corbo
 (Ing. Sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública Unda Opazo, Salinas)

C A P Í T U L O I I I

AGUAS RESIDUALES

3. 1. EL ELEMENTO AGUA

Sobre la tierra no se concibe la vida sin agua, ningún organismo, desde el microbio imperceptible hasta los colosos del mundo viviente podrían existir sin este líquido, que ya desde la antigüedad era considerado entre los elementos esenciales para la vida junto con el aire, la tierra y el fuego. Según los filósofos griegos antiguos a estos cuatro elementos obedecía, no sólo la urdimbre compleja del planeta, sino también el universo entero, pues ellos constituían las energías y materias que animaban todo lo creado. El agua forma parte de la cosmogonía de los pueblos; en la antigua Babilonia se la consideraba como uno de los tres elementos divinos primordiales. Entre los Aztecas, Tláloc era el dios regulador de las lluvias y de las aguas.

Sin agua los organismos no pueden vivir, si hay desecación intensa algunos organismos se enquistan y atentan sus actividades biológicas entrando en un estado de vida llamado latente y permanecen en él hasta que se presentan nuevamente condiciones favorables. La materia viviente, o sea el protoplasma de que los organismos están formados, tiene en su constitución más de dos tercios de agua.

Su escasez o abundancia regula los climas. En otro aspecto se le puede considerar como el distribuidor principal de la energía solar, al calentar los rayos del sol el suelo o la superficie del océano, el agua se evapora y asciende hacia la atmósfera en forma de vapor formando las nubes, las que por efecto de descensos en la temperatura, se condensan y el agua se precipita de nuevo en forma de lluvia que suministra la humedad necesaria para el crecimiento de las plantas, cuyas raíces toman del suelo junto con el agua las sustancias minerales en disolución indispensables para su sustento; después con la savia de las plantas se eleva hasta las hojas de donde vuelve a la atmósfera. Esto constituye una síntesis del ciclo hidrológico, el que se ilustra en la Fig. 2.

3.2. USO DEL AGUA.

El control de la calidad del agua interviene en todas las fases de la administración técnica de las obras hidráulicas, pues los requerimientos de calidad varían de acuerdo al uso a que se destine el agua; no se requiere agua de la misma calidad para bebida, que para generación de energía, riego, navegación o cultivo de mariscos, por eso es necesario administrar racionalmente tan importante recurso natural.

De ser posible debiera procederse a realizar primero los aprovechamientos que no consuman o contaminen el agua, después, los que reducen su disponibilidad y por último, los que contaminan el agua o se pueden desarrollar con agua contaminada.

De una manera genérica y amplia se puede agrupar a los usos del agua en cuatro categorías:

I) Uso físico directo por el hombre y sus animales domésticos. El agua es usada en los domicilios para bebida, preparación de alimentos, lavado de utensilios y ropa, riego de jardines y otros usos domésticos; para este uso las normas de calidad son estrictas, el agua debe parecer limpia, tener buen sabor y sobre todo, estar libre de organismos patógenos. En nuestro País la calidad que debe cumplir el agua potable está estipulado por las normas contenidas en el "Reglamento Federal sobre Obras de Provisión de Agua Potable".

II) Uso directo en la industria y la agricultura. Como factor de producción el agua encuentra sus consumidores más importantes en la industria y la agricultura, ya sea formando parte de los productos finales o en los procesos de transformación de las materias primas y en el riego de cultivos.

III) Uso recreativo como parte del ambiente natural o estético. Un lago o un río escénico pueden no estar sirviendo a otros propósitos aunque la mayoría lo están, pero el agua tiene un valor debido a la satisfacción que proporciona al observador, tanto como el color de ropa o el sabor de la comida, un valor que no puede ser medido en pesos y centavos.

IV) Uso biológica como componente vital del soporte de la vida. Tanto dentro de los mismos cuerpos de agua como fuera de ellos ésta desempeña un importante papel en el desarrollo de la vida. Se dice que la vida surgió en el agua y que los primeros organismos fueron acuáticos.

El agua tiene un doble efecto sobre la vida:

a) A través de sus propiedades físicas, como un medio en el que los organismos vegetales y animales extienden sus órganos, se mueven o nadan.

b) A través de sus propiedades químicas como soporte y vehículo de los nutrientes que requieren los organismos para subsistir.

A pesar del vasto volumen de agua sobre la tierra, que si se extendiera en toda su superficie la cubriría con una capa de 245 metros aproximadamente en realidad, la productividad biológica está restringida a la capa superficial.

Siendo como es, un recurso vital, el agua ha sido sometida a inventarios por diversos organismos mundiales, en la Tabla I se muestra uno de los inventarios realizados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos de América; en las Figs. 3 a 5 se ilustran algunos de los usos del agua.

3.3 IMPORTANCIA SOCIOECONOMICA DEL AGUA.

Desde la antigüedad la vida floreció en las cercanías de los cuerpos

de agua, las ciudades de Ur, Ninive y Babilonia se asentaron en las riberas de las grandes corrientes de Mesopotamia los ríos Tigris y Éufrates. El río Nilo sustentó la civilización egipcia que construyó notables obras de ingeniería para controlar sus aguas. En nuestro País los Aztecas se establecieron junto a los lagos del Valle de México y aún en las islas dentro de los lagos; alrededor de los cenotes de la Península de Yucatán lo hicieron los Mayas; y los Tarascos en las riberas del lago de Pátzcuaro.

Se puede decir, que la estructura socioeconómica de regiones enteras la modela la disponibilidad de agua, ya que el agua es el fluido vital de la comunidad humana y la que proporciona vigor a sus actividades.

Una ojeada a un mapa revela como las grandes ciudades se hallan situadas en las cercanías del agua, en las márgenes de un río o estuario, en las riberas de un lago o laguna, siempre donde hay agua el hombre puede desarrollar sus actividades; en las regiones donde el agua es escasa y pocas las ciudades establecidas, escasean asimismo las actividades industriales y agropecuarias.

Es el agua, de entre todos los recursos naturales, el factor que interviene en forma mas directa y el mas utilizado para la conservación y la evolución de la vida, porque interviene virtualmente en todas las actividades de la vida y su escasez o ausencia inhibe el desarrollo económico con graves repercusiones sociales.

3. 4. ORIGEN DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Fundamentalmente las aguas residuales son producto de las aguas de abastecimiento después de que una comunidad ha satisfecho sus necesidades. Puede considerarse en términos generales, que entre el 70 y 80 por ciento de las aguas de abastecimiento es desechado por las comunidades. Por esta razón se necesitan las obras de recolección y disposición de las aguas residuales, a fin de evitar o reducir los problemas que puedan ocasionar.

El volúmen y composición de las aguas residuales varía de acuerdo a su procedencia y ésta da la pauta para clasificarlas. En la Tabla II se enlistan los principales materiales que se pueden encontrar en las aguas residuales y cuya cuantificación permite caracterizarlas.

3. 5. TIPOS DE AGUAS RESIDUALES.

AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS. Estas aguas residuales son las que se generan en las casas habitación y en los establecimientos comerciales o institucionales.

Por lo general, cuando están frescas su aspecto es el de un líquido turbio de color gris que acarrea sólidos disueltos y/o suspendidos, en ellas flotan materiales diversos; materia fecal, basura, papeles, desechos de alimentos y otros. Al transcurso del tiempo, el color cambia y puede llegar al negro desarrollándose entonces un olor

desagradable.

El peligro mayor que estas aguas representan para la salud pública está constituido por la excreta recogida de la población ya que en ella, pueden existir organismos patógenos viables que originen enfermedades.

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES. Estas aguas se producen en las diversas operaciones y procesos de los establecimientos industriales y sus dependencias. En la industria, se emplea una cantidad mucho mayor de agua que en los usos domésticos.

Las aguas residuales industriales contienen sólidos disueltos o en suspensión de origen mineral y orgánico; a veces, son coloreadas según el proceso donde se generen, raramente contienen organismos patógenos viables, la excepción la constituyen las aguas residuales de lavado de la lana virgen y de tenerías que pueden contener esporas de ántrax.

Su concentración en materiales extraños, así como su volumen varían ampliamente según la industria, de planta a planta y aún con los procesos de fabricación dentro de una misma planta. Asignar valores para determinar las características comunes de estas aguas es una tarea casi imposible; pero se puede hablar de sus características indeseables, éstas se describen en la Tabla III.

AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES. Se denominan aguas residuales municipales a la combinación de las domésticas y las industriales producidas por una población. Existen casos en que es deseable que esta mezcla se realice, en el caso cuando los microorganismos existentes en las aguas residuales municipales pueden asimilar una parte de la carga contaminante que transportan las industriales, lo que reduciría la necesidad de tratamiento.

AGUAS RESIDUALES AGRICOLAS. Este tipo de aguas es generado por las actividades en los campos de cultivo, debido a que las modernas técnicas agrícolas que se aplican con objeto de incrementar la producción de alimentos, usan fertilizantes químicos y plaguicidas residuos de los cuales, son arrastrados hasta los cuerpos receptores por los escurrimientos pluviales. En ciertas concentraciones estas sustancias pueden ocasionar la muerte de los peces, o contaminar su carne, convirtiéndolos en tóxicos peligrosos para el hombre al utilizarlos como alimento.

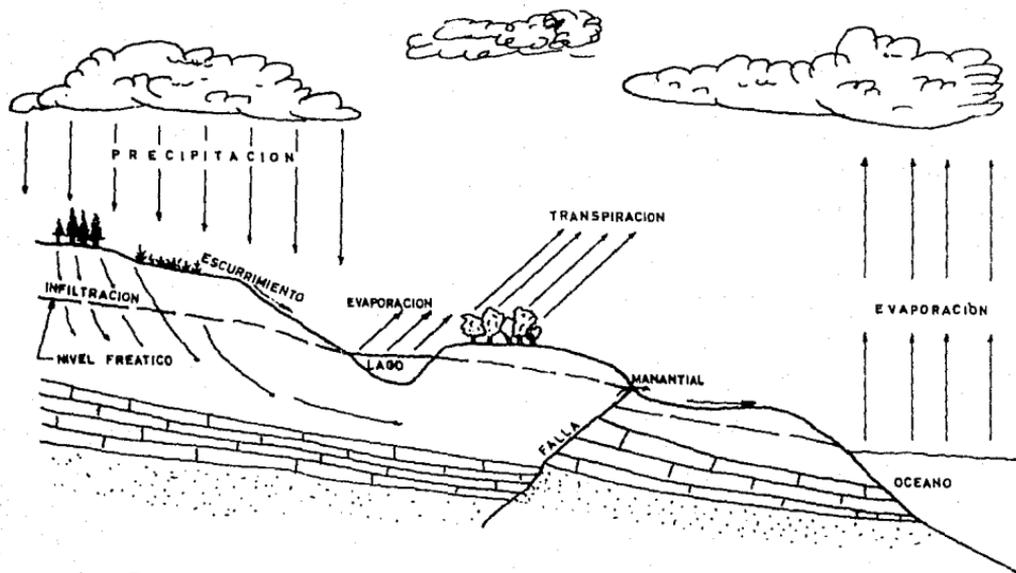


Figura No.2 Diagrama esquemático del ciclo hidrológico

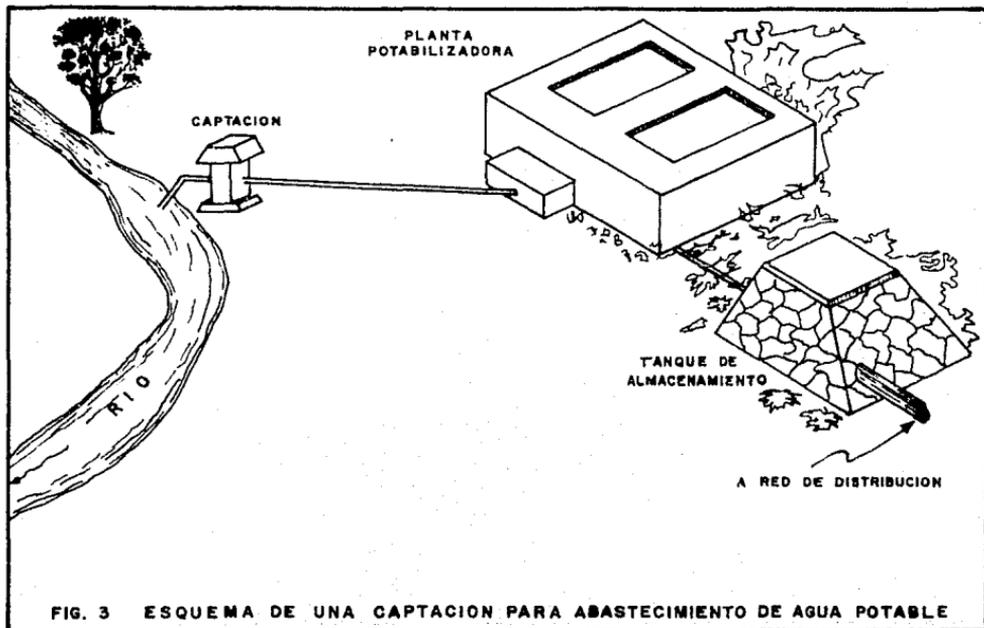


FIG. 3 ESQUEMA DE UNA CAPTACION PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

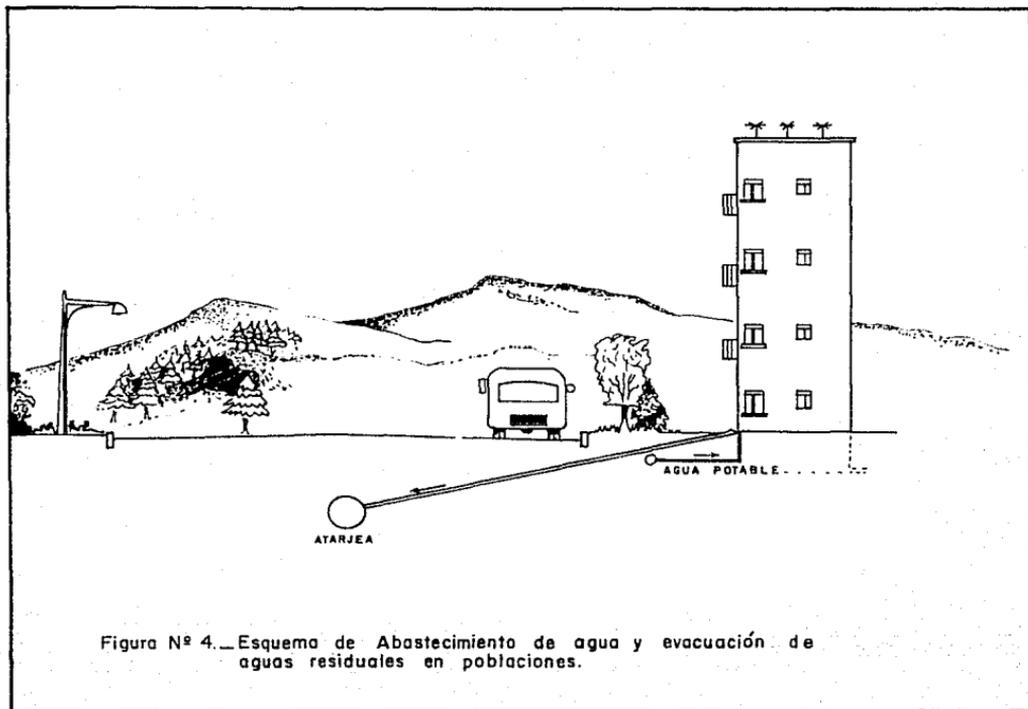
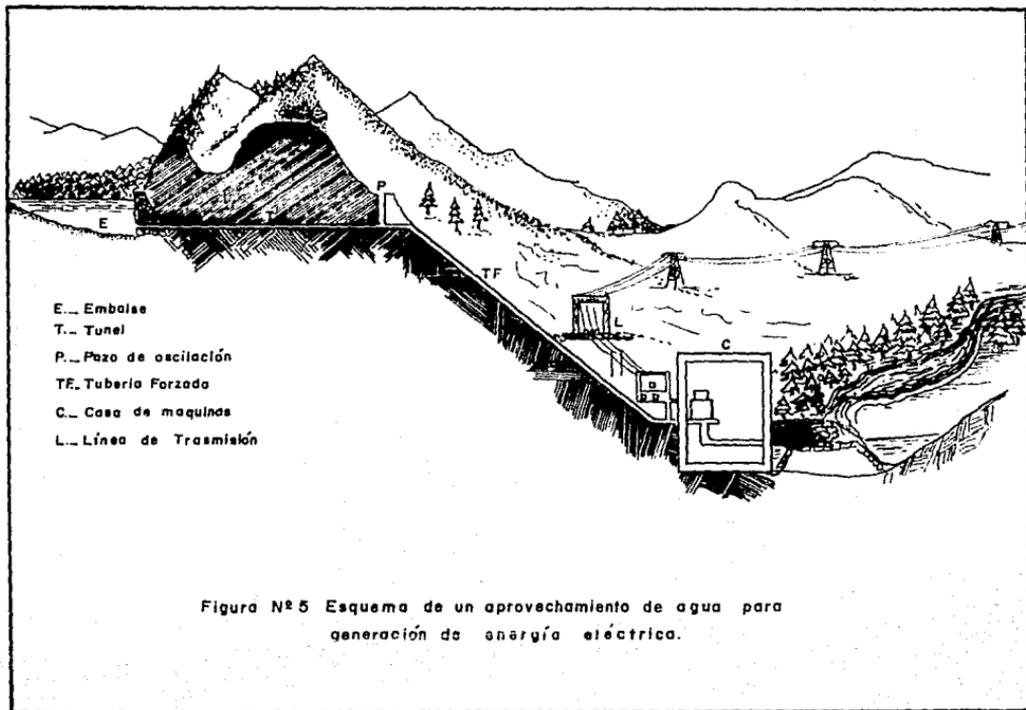


Figura N° 4. _Esquema de Abastecimiento de agua y evacuación de aguas residuales en poblaciones.



T A B L A I

EL AGUA EN EL MUNDO

Por ciento del total

AGUAS SUPERFICIALES

Lagos de aguas dulces	0.011
Lagos salados y mares interiores	0.010
Almacenamiento temporal en ríos y canales	0.001

AGUAS SUBTERRANEAS

Aguas vadasas (incluida la humedad del suelo)	0.007
Agua subterránea almacenada hasta la profundidad de 1 km. (algo de esta agua es salada).	0.330
Agua subterránea más profunda (muy salada e im potable).	0.290

OTRAS AGUAS

Casquetes polares y glaciares	2.150
Agua en la atmósfera	0.001
Agua en los océanos	<u>97.200</u>
	100.000

T A B L A II

CARACTERISTICAS FISICAS, QUIMICAS Y BIOLOGICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

<u>MATERIAL O CARACTERISTICAS</u>	<u>P R O C E D E N C I A</u>
<u>F I S I C A S</u>	
Sólidos	Agua de abastecimiento, residuos domésticos o industriales.
Temperatura	Residuos domésticos e industriales
Color	Residuos domésticos e industriales
Color	Descomposición de aguas residuales
<u>Q U I M I C A S</u>	
<u>Orgánicas:</u>	
Proteínas	Residuos domésticos y comerciales
Carbohidratos	Residuos domésticos y comerciales
Grasas y Aceites	Residuos domésticos y comerciales
Detergentes	Residuos domésticos e industriales
Fenoles	Residuos industriales
Pesticidas	Residuos agrícolas
<u>Inorgánicas:</u>	
pH	Residuos industriales
Cloruros	Abast. res. dom. aguas subterráneas
Alcalinidad	Abast. res. dom. aguas subterráneas
Nitrógeno	Residuos domésticos y agrícolas
Fósforo	Res. dom. e ind., escurrimientos superficiales
Azufre	Abastecimiento, residuos indust.
Sust. tóxicas	Residuos industriales, agua subterránea
Metales pesados	Residuos industriales
<u>Gaseas:</u>	
Oxígeno	Abastecimiento, agua de infiltración
Sulfuro de Hidrógeno	Descomposición residuos domésticos
Metano	Descomposición residuos domésticos
<u>B I O L O G I C A S</u>	
Protista	Res. domésticos, plantas de tratamiento
Virus	Residuos domésticos
Bacterias	Residuos domésticos
Plantas	Corrientes y plantas de tratamiento
Animales	Corrientes y plantas de tratamiento

TABLA III

FUENTE, CARACTERÍSTICAS, MATERIALES QUE LOS ORIGINAN Y EFECTOS SOBRE EL
 AGUA DE LOS CUERPOS RECEPTORES, DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

<u>Fuente</u> (Industrias)	<u>Características del</u> <u>Contaminante</u>	<u>Material y Com-</u> <u>puesto de origen</u>	<u>Efectos en el</u> <u>cuerpo receptor</u>
Jabonera, detergentes, lavandería .	Espuma	Jabones, álcalis, - detergentes.	Retarda la auto- purificación.
Refinerías, tene-- rías, textiles, co- lorantes y pinturas maderera, papelera, - mecánica.	Color	Colorantes orgáni-- cos, taninos, iones metálicos, coloides hidrocarburos.	Toxicidad even-- tual.
Maderera, textiles papelera, ingenios azucareros, ras-- tros tenerías.	Sólidos	Aserrín, viruta, fibra, pelo	Afectan la esté-- tica, abatimiento de la capacidad - de autopurifica-- ción.
Alimenticia, lava- do, minera, papele- ra, textil, tene-- ría tratamiento de aguas.	Sólidos disueltos y Sedimentables	Arena, materiales - orgánicos,	Formación de depó- sitos de lodo de- manda de oxígeno.

Generación de -
electricidad, re-
frigeración.

Temperatura

Agua de enfriamien-
to.

Abatimiento del -
oxígeno disuelto,
acción sinérgica.

Generación de ---
energía eléctrica
investigación nu-
clear, medicina -
nuclear, lavande-
ría.

Radioactividad

Radioisotopos

Acción tóxica y -
mutagénica.

C A P I T U L O I V
CONTAMINACION DEL AGUA

4.1. LA CONTAMINACION DEL AGUA

Para aclarar los alcances del presente trabajo es pertinente definir que se entiende por contaminación. A continuación se incluye una traducción libre de dos párrafos del libro Applied Stream Sanitation de Clarence J. Velz: "Polución es un término muy general definido de maneras diferentes; en su sentido más amplio tal como es concebido por el profano, se refiere al ensuciamiento del ambiente causado por las actividades humanas, en particular por la disposición de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; implica también una connotación relativa al grado de deterioro (impureza) en relación con la interferencia con los usos deseados del suelo, el aire y el agua. Esto conduce a interpretaciones conflictivas sobre lo que es polución y a la necesidad de definiciones más precisas y adecuadas para el manejo administrativo y legal.

En virtud de la necesidad fisiológica de agua para bebida, la polución del agua cae dentro de dos clasificaciones lacónicamente expresadas como sigue:

- a) Inclusión en el agua de organismos patógenos o sustancias tóxicas, nocivas y peligrosas.
- b) Inclusión en el agua de sustancias deletéreas y ofensivas a la vista, gusto y olfato perjudiciales para los usos de las aguas naturales.

Polución es el término inclusivo; contaminación es el término distintivo que se aplica a los constituyentes nocivos y peligrosos".

Por otra parte, en la obra "Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales" de Fair, Geyer & Okun, se encuentran las definiciones:

"Contaminación.- Introducción en el agua de organismos patógenos o sustancias tóxicas que la hacen inapropiada para consumo humano o uso doméstico.

Polución.- Introducción en el agua de sustancias que menoscaban su utilidad o la hacen ofensiva a los sentidos de la vista, gusto u olfato. La contaminación puede acompañar a la polución y frecuentemente sucede así."

Para su aplicación en nuestro País, la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, define en su artículo cuarto los términos contaminante y contaminación según se ve en la transcripción que se hace a continuación:

ARTICULO 4o.- Para los efectos de esta ley, se entiende:

- a) Por contaminante: toda materia o sustancia, o sus combinaciones o

compuestos o derivados químicos y biológicos, tales como humos, polvos, gases, cenizas, bacterias, residuos y desperdicios y cualesquiera otros que al incorporarse o adicionarse al aire, agua o tierra, puedan alterar o modificar sus características naturales o las del ambiente; así como toda forma de energía, como calor, radioactividad, ruidos, que al operar sobre o en el aire, agua, tierra, altere su estado normal.

b) Por contaminación: La presencia en el medio ambiente de uno o más contaminantes o cualquier combinación de ellos, que perjudiquen o molesten la vida, la salud y el bienestar humanos, la flora y la fauna, o degraden la calidad del aire, del agua, de la tierra, de los bienes, de los recursos de la Nación en general o de los particulares.

A partir de su aparición sobre la faz de la tierra el hombre ha estado cambiando el ambiente en que vive; en un principio su influencia era reducida debido a la escasa densidad de población y a la forma menos sofisticada de vivir. A partir de la Revolución Industrial surgieron nuevos modos de vida y aunque ya existían problemas de contaminación del agua éstos se agudizaron con el transcurso del tiempo, llegando al presente a producir serias alteraciones ecológicas en algunos sitios del planeta.

Por lo anterior se ha hecho necesario legislar sobre la materia, previo estudio de los problemas que causa la contaminación del agua, con el objeto de que al ser precisados tanto las características de la contaminación como los términos legales puedan ser entendidas las normas para el control de la contaminación del agua.

4.2. TIPOS DE CONTAMINANTES

En términos generales las aguas residuales causantes de contaminación son generadas en tres fuentes principales denominadas urbana, agrícola y natural.

FUENTE URBANA En esta se generan las aguas residuales domésticas e industriales, las primeras ya se vió anteriormente, se generan en los usos puramente domésticos y las segundas, en las diversas operaciones y procesos industriales. Estos dos tipos de aguas residuales, al mezclarse en los alcantarillados forman las aguas residuales municipales, llegando a los cuerpos receptores precisamente a través de los alcantarillados.

FUENTE AGRICOLA Por lo general no se piensa en las labores agrícolas y pecuarias como fuente de contaminación, sin embargo, el uso de fertilizantes y plaguicidas toma cada vez mayor significación debido a la ingente necesidad de producir más alimentos, que demanda el incremento acelerado de la población por una parte y por otra, la demanda de mejores niveles de vida. A los cuerpos receptores llegan los residuos de aquellos productos químicos arrastrados por los escurrimientos de agua tanto los de retorno agrícola como los pluviales.

FUENTE NATURAL. El ciclo de la vida acuática constituye parte de la fuente natural de contaminación, ya que la flora y fauna acuática producen detritus durante su ciclo normal de vida. En ocasiones ocurren crecimientos excesivos de organismos que al extinguirse, añaden una carga contaminante significativa al agua; algunas formas son tóxicas o producen sustancias tóxicas.

El agua pura no existe, es un producto artificial. Aún en territorio virgen ninguna corriente está exenta de contaminación; el agua de lluvia arrastra en su caída polvos y gases de la atmósfera, después al escurrir acarrea materia orgánica producto de la descomposición de la flora y fauna naturales y sedimentos producidos por la erosión.

Los contaminantes generados en las distintas fuentes de contaminación casi siempre pierden su identidad al alcanzar los cuerpos de agua y confundirse en una mezcla heterogénea. Para estudiar los efectos de los contaminantes sobre el ambiente acuático y aún, sobre el medio circundante, se les puede clasificar en contaminantes físicos, químicos y biológicos.

CONTAMINANTES FISICOS. Incluyen turbiedad, color, espuma, materia flotante, cambios de temperatura (contaminación térmica) y radioactividad.

TURBIEDAD. La turbiedad impide el paso de la luz y actúa así como obstáculo al desarrollo de la vida acuática. Puede ser aparente o verdadera. Los sólidos suspendidos que ocasionan la turbiedad aparente se sedimentan y forman depósitos de lodos que demandan oxígeno y en ocasiones producen gases malolientes, además los lodos visibles dan mal aspecto y obstaculizan el uso recreativo del cuerpo de agua.

COLOR. El color, aportado generalmente por afluentes industriales de plantas textiles, tenerías, rastros, etc., interfiere con el paso de la luz solar y disminuye así la acción fotosintética. Afecta el uso recreativo del agua y en muchos casos ocasiona mayores protestas por parte del público, que otros tipos de contaminación más peligrosos pero no tan evidentemente visibles.

ESPUMA. La espuma da una apariencia desagradable al agua, es causada por desechos de las plantas textiles, papeleras, de productos químicos, etc., puede ser indicativa de la presencia de detergentes sintéticos que ya en concentraciones de 1 mg/Lto. ocasionan espuma.

MATERIA FLOTANTE. La materia flotante incluye aceites, grasas y otros materiales que flotan sobre la superficie tales como papeles, trapos, botellas y frascos de plástico, virutas, etc., que dan un aspecto repugnante a ríos y lagos; obstruyen el paso de la luz y retardan el crecimiento de plantas. Algunas objeciones específicas sobre la presencia de aceite en el agua son: interferencia en la recreación natural, destrucción de la vegetación ribereña, creación de una capa desagradable sobre la superficie y de riesgos de incendio si se presenta en cantidades importantes, en tuberías puede

ocasionar explosiones, impartición de mal sabor a especies comestibles y toxicidad para ciertas especies.

CAMBIOS DE TEMPERATURA Los cambios de temperatura deben ser entendidos como contaminación cuando son causados artificialmente, en este sentido, la elevación de temperatura es la más frecuente, se le conoce como contaminación térmica. El calor desechado pudiera parecer un insignificante ejemplo de contaminación, pero no es así, pues muchas de las características comunes de la contaminación: muerte de peces, olores ofensivos, malos sabores y otros disturbios a los ecosistemas se producen como resultado del vertimiento de agua a temperatura más elevada que la de los cuerpos receptores, vertida por plantas generadoras de energía, como plantas termoelectricas y por otras plantas industriales que usan en sus procesos aguas de enfriamiento.

La adición de calor a las aguas disminuye su densidad y viscosidad, aumenta la presión de vapor; pero donde se puede volver crítica, es al afectar el contenido de OD pues origina cambios en la estabilización de la materia orgánica, en la capacidad de saturación de oxígeno y en la tasa de reaeración. Por otra parte, puede ocurrir que dos factores aislados, bajo la acción del calor se tornen más peligrosos que cada uno por separado. El aumento de calor puede también afectar en algunas especies el metabolismo, reproducción y crecimiento y en algunos casos ocasionar la muerte.

RADIOACTIVIDAD A causa de su peligrosidad los contaminantes radioactivos, subproductos indeseables de la fisión y fusión nuclear, son rigurosamente controlados en sus fuentes debido a que pueden ocasionar dramáticos cambios genéticos y diversos tipos de cáncer. Pero el creciente uso de trazadores en la industria y la investigación, además del peligro de derrames accidentales, constituye un riesgo grave de contaminación y no solamente del agua. La tabla IV ilustra las características de algunos radioisótopos.

CONTAMINANTES QUIMICOS Comprenden a los compuestos orgánicos como inorgánicos y son generados en todas las fuentes:

a) Los contaminantes orgánicos son grandes consumidores de oxígeno, y pueden llegar a agotar el disuelto en el agua, como resultado de su utilización en los procesos biológicos de degradación de la materia orgánica. Los compuestos orgánicos que se encuentran en las aguas residuales son en general: Proteínas, carbohidratos, grasas y aceites. También se encuentra urea, aunque es raro encontrarla como no sea en aguas residuales frescas debido a que es de muy rápida descomposición. Además, se encuentra un gran número de compuestos orgánicos sintéticos, cuyo número crece constantemente a causa de la intensa investigación científica; ejemplos típicos son los detergentes, plaguicidas y plásticos.

b) Los contaminantes inorgánicos por su parte, pueden ser tóxicos e interesan más por este hecho que por cualquier otro. Los iones de metales pesados como el arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc son tóxicos a los humanos y en general para la

vida acuática. La prensa ha dado gran difusión a la contaminación causada por la descarga de mercurio en las aguas residuales de instalaciones industriales. Este tipo de contaminación se vuelve letal porque a causa de la cadena alimenticia, el mercurio se va acumulando en los organismos superiores en el cerebro y el hígado; en las mujeres embarazadas se acumula en el feto. En nuestro País existen indicios de contaminación por mercurio en el estuario del Río Coatzacoalcos, donde se vierten aguas residuales del Complejo Industrial de Pajaritos.

CONTAMINANTES BIOLÓGICOS. Los contaminantes biológicos son responsables de la transmisión de enfermedades a través del agua tales como el cólera, tifoidea, paratifoidea, disentería, hepatitis y enfermedades diarreicas, causadas por shigellas, etc. La principal fuente de contaminantes biológicos, entendidos éstos como organismos vivos, es sin duda alguna la fuente urbana, donde se producen las aguas residuales domésticas que contienen los desechos humanos cuya recolección y disposición sin cuidado plantean importantes problemas de sanidad. Las aguas residuales industriales pueden contener o no bacterias u otros organismos patógenos, ello depende del tipo y origen de las materias primas usadas. En la fuente agrícola, los contaminantes se originan sobre todo en las actividades ganaderas.

En el agua encuentran un ambiente favorable otros organismos como artrópodos, protozoarios, amibas y helmintos.

4.3. EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Antes de que el agua se empleara como vehículo para transportar los desechos de las comunidades humanas eran tan pocos, que se podían eliminar en cualquier parte fuera de los domicilios, después se les acumulaba en los patios o depositaba en fosas y letrinas. Al iniciarse el uso del agua para la disposición de desechos, se necesitaron métodos no sólo para disponer los desechos, sino el agua misma; la disolución, irrigación y disposición subsuperficial fueron los primeros métodos empleados.

Al correr el tiempo, con el crecimiento acelerado de la población aumentó la demanda de agua por una parte y por otra, la generación de aguas residuales. Como los métodos de disposición eran poco satisfactorios, se hizo necesario mejorarlos o buscar otros más eficaces, principiò entonces el desarrollo de métodos de tratamiento de las aguas residuales antes de su disposición.

Como se ha visto, las aguas residuales son la mezcla de agua y productos de desecho generados por la actividad vital de una población, en su composición figuran: materia orgánica e inorgánica, una infinidad de microorganismos entre ellos, bacterias y virus patógenos que representa grave peligro para la salud pública, la combinación de sustancias acarreadas puede producir reacciones nocivas, olores desagradables, impartir un aspecto repulsivo tanto al agua receptora como a las riberas, dañar la vida acuática con detrimento de la economía de los habitantes de la zona. Por todo

esto, es necesario disponer adecuadamente las aguas residuales y para lograrlo, se deben someter a tratamiento a fin de coadyuvar a mantener limpio el medio y, consecuentemente, apto para un buen desarrollo de la vida.

Para el tratamiento de las aguas residuales se toman en cuenta objetivos tales como:

- Prevención de enfermedades y molestias.
- Mantenimiento de la calidad del agua para fines de uso industrial, agrícola o de recreación.
- Mantenimiento de calidad para pesca comercial y cultivo de mariscos, etc.

4.4. SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

Para el diseño y operación de las obras de recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales es esencial el conocimiento de sus características físicas, químicas y biológicas.

La remoción o estabilización de la materia presente en las aguas residuales, se logra en las plantas de tratamiento a través de distintos sistemas integrados por métodos físicos, químicos y biológicos. Las operaciones y procesos que constituyen los diferentes métodos de tratamiento se conocen con la denominación de operaciones y procesos unitarios.

Los métodos en que predominan las fuerzas físicas se denominan operaciones unitarias, por ejemplo: cribado, mezclado, floculación, sedimentación, flotación, elutriación, filtración al vacío, transferencia de calor y secado son algunos ejemplos.

Los métodos de tratamiento en que la remoción de contaminantes se realiza por medio de la adición de sustancias químicas o mediante la actividad biológica, se conocen como procesos unitarios, la precipitación, combustión y oxidación biológica son ejemplos de procesos unitarios.

Existen varios grados de tratamiento conocidos como tratamiento preparatorio o pretratamiento, primario, secundario y terciario o avanzado.

TRATAMIENTO PREPARATORIO O PRETRATAMIENTO. La primera de las operaciones unitarias que se encuentra en el tratamiento de las aguas residuales es la de cribado, aplicada para remover la materia que por su tamaño y peso puede entorpecer el funcionamiento de los dispositivos mecánicos. Por lo general consiste en rejillas o cribas, precedidas de un canal desarenador que mediante el control del flujo, hace que se sedimente la materia arenosa o granular.

TRATAMIENTO PRIMARIO. Consiste básicamente en la separación de los sólidos sedimentables o flotantes, no removidos en el pretratamiento, mediante la aplicación de la operación unitaria de sedimentación (la más ampliamente usada), que se efectúa en un

tanque de tamaño adecuado para aminorar la velocidad del flujo y llevarla a una velocidad tal que se sedimenten las partículas de un peso específico determinado.

La operación unitaria de sedimentación es usada para la remoción de arena, sólidos sedimentables en el tanque primario, flóculos de la actividad biológica si se usa el método de lodos activados, flóculos químicos si se usa la precipitación química, también para la concentración de sólidos en los espesadores de lodos.

La sedimentación puede efectuarse en tanques de flujo horizontal o vertical. En un tanque rectangular de flujo horizontal, las aguas residuales entran por un extremo y salen por el otro; si el flujo es vertical, las aguas residuales entran por el fondo y salen por arriba. Si el tanque es circular entran por el centro y salen por la periferia. En general los tanques de sedimentación son de flujo horizontal y continuo. En la figura No. 6 se presenta un diagrama general de flujo del tratamiento primario.

- TRATAMIENTO SECUNDARIO. Se da el nombre de tratamiento secundario al que se realiza para una mayor remoción de sólidos (los sólidos coloidales no sedimentables), y para estabilizar la materia orgánica con la ayuda de organismos vivientes, por esta razón recibe también el nombre de tratamiento biológico.

En la mayoría de los casos, con un apropiado control del ambiente, las aguas residuales pueden ser tratadas biológicamente.

Los procesos unitarios biológicos se clasifican, en cuanto a la dependencia con respecto al oxígeno de los organismos que los llevan a cabo, en aerobios y anaerobios.

En los procesos aerobios la estabilización de los desechos la realizan microorganismos que viven a base del oxígeno disuelto en el agua; mientras que en los procesos anaerobios, los responsables de la estabilización de los desechos son microorganismos que viven gracias al oxígeno que toman de las sustancias presentes en las aguas residuales.

El tratamiento biológico se aplica principalmente en los siguientes tipos de unidades de tratamiento: filtros rociadores o percoladores, lodos activados, lagunas de estabilización y zanjas de oxidación.

1 - FILTROS ROCIADORES O PERCOLADORES. Los filtros rociadores consisten en una capa de piedra, escoria o grava gruesa, de espesor variable, a través de la cual se hacen pasar las aguas procedentes del tratamiento primario. En la superficie del material filtrante se siembra por contacto con el líquido, de una gran variedad de organismos y adquiere capas viscosas de naturaleza biológica en donde se realizan en condiciones aerobias, los cambios que son el objeto del tratamiento de las aguas residuales. La Fig. No. 7 esquematiza un sistema general de filtros rociadores.

2 - Lodos Activados Este proceso fue desarrollado en Inglaterra en

el año de 1914 por Edward Arden y W. T. Lockett. Recibió el nombre después de las siguientes observaciones:

- Que los flóculos desarrollados durante aereación prolongada de las aguas residuales eran prolificos.
- Los flóculos sedimentaban formando lodos al cesar la aereación y agitación dentro del tanque.
- La adición de aguas residuales al creciente volumen sedimentable de lodos, producía eventualmente un alto grado de purificación en un plazo razonable.

El lodo activado está formado por una masa de microorganismos capaces de estabilizar aeróbicamente los desechos contenidos en las aguas residuales.

En el sistema de lodos activados, las aguas residuales son estabilizadas en un reactor bajo condiciones aerobias que se obtienen mediante la introducción de oxígeno a la masa de agua. Al contenido del reactor se la llama licor mezclado. La masa biológica resultante se separa del líquido en un tanque de sedimentación secundaria, el tanque recibe este nombre para diferenciarlo del otro usado en el tratamiento primario. De los lodos producidos en la sedimentación secundaria, se recircula una parte al reactor y otra igual que los lodos de la sedimentación primaria, se conduce a un digestor de donde pasan a lechos de secado para su posterior disposición. En la Figura No. 8 se ilustra mediante un diagrama de flujo el método de tratamiento por lodos activados.

3 - LAGUNAS DE ESTABILIZACION Una laguna de estabilización es un cuerpo artificial de agua relativamente somero, de forma controlada, diseñado para el tratamiento mediante el proceso unitario biológico.

El mecanismo de tratamiento depende de la interacción entre bacterias y algas. Las bacterias convierten la materia orgánica en productos estables y al hacerlo, liberan elementos nutritivos propios para el crecimiento de las algas, que al utilizarlos producen un exceso de oxígeno, creando condiciones aerobias propicias para las bacterias.

Generalmente y en términos de la actividad biológica que se desarrolla en el seno de las aguas, las lagunas de estabilización, llamadas también de oxidación, se clasifican en aerobias, facultativas y anaerobias.

Una laguna aerobia contiene bacterias y algas en suspensión, y en toda su profundidad prevalecen condiciones aerobias.

En una laguna facultativa llamada también aerobia-anaerobia, existen tres zonas: una superficial aerobia, una anaerobia en el fondo, donde los sólidos acumulados son degradados por bacterias anaerobias y una intermedia parcialmente aerobia y anaerobia, en la cual la estabilización de los desechos la llevan a cabo bacterias

facultativas, razón por la cual, estas lagunas reciben a veces el nombre de facultativas.

Las lagunas anaerobias, excepto por una capa superficial extremadamente pequeña, lo son en toda su profundidad.

La estabilización de los desechos se realiza por una combinación de precipitación y conversión anaerobia. La Fig. No. 9 esquematiza una representación de lagunas de estabilización.

En todos los casos cualesquiera que sea el sistema de tratamiento, es conveniente aplicar al efluente el proceso unitario de cloración, para evitar los riesgos que representan para la salud las bacterias que pudieran haber sobrevivido.

4 - ZANJAS DE OXIDACION La zanja de oxidación es un sistema para el tratamiento de aguas residuales simple, económico y muy eficiente; es una modificación del sistema de lodos activados por aereación extendida y mezclado completo.

De la misma manera que en el sistema de lodos activados, en las zanjas de oxidación el principio activo está constituido por los flóculos suspendidos en el medio líquido y que están compuestos por los mismos organismos que en los lodos activados como bacterias y protozoarios principalmente, no obstante, también se encuentran hongos, algas, metazoarios y otros, aunque en menores cantidades.

El sistema fue ideado con el propósito de simplificar el tratamiento biológico, abaratar el costo y facilitar la operación, eliminando los sedimentadores primarios, los digestores y los lechos de secado. Fue inventado en el Instituto de Salud Pública T. N. O., de Holanda. En la Fig. No. 10 se muestra un diagrama esquemático de un arreglo para tratamiento de aguas residuales mediante el proceso de zanja de oxidación.

La zanja de oxidación vincula dos procesos, uno físico químico y otro biológico. Una pequeña porción de la materia orgánica sufre una oxidación química directa, pero la masa de la materia orgánica debe ser estabilizada por la actividad biológica de los microorganismos previamente formados en el sistema.

En general, se trata de una excavación poco profunda, la configuración más usada es la de un óvalo alargado formando un circuito. El sistema se complementa con una rejilla en el canal de entrada del efluente, un rotor colocado transversalmente sobre la zanja, un mecanismo de bombeo para la recirculación de lodos y un tanque sedimentador secundario o clarificador final.

4.5 SELECCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

El tratamiento de las aguas residuales tiene dos objetivos principales:

a) Evitar daños a los cuerpos receptores, es decir, a los cuerpos de

agua superficiales o subterráneos que deben mantenerse libres de contaminación. Los daños causados incluyen contaminación del agua para abastecimiento, balnearios, bancos de mariscos; creación de condiciones ofensivas a la vista y olfato; y otros perjuicios a las aguas naturales usadas en recreación, agricultura, industria y comercio.

b) La reutilización del agua, ya que debido a la creciente demanda y las limitaciones de fuentes de abastecimiento, debe contemplarse el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, en aquellos usos que no requieran la calidad de agua potable, tales como el riego de zonas verdes, alimentación de lagos para ornato o recreación, procesos industriales, generación de energía, etc.

Además, en ocasiones es conveniente realizar el pretratamiento de las aguas residuales industriales que se descarguen en los alcantarillados, para evitar sobrecargas de materia orgánica y eliminar sustancias tóxicas que afectarían el tratamiento de la mezcla de aguas residuales municipales e industriales.

La selección del sistema de tratamiento por aplicar a las aguas residuales, debe estar basada en el estudio de un determinado número de condiciones, entre las que destacan:

- Volúmen y calidad de las aguas residuales crudas.
- Calidad de las aguas tratadas.
- Requerimientos de calidad de las aguas receptoras.
- Eficiencia del tratamiento.
- Disponibilidad y características topográficas del terreno.
- Población y área servida.
- Costos.

VOLUMEN Y CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES.

El proyecto de obras de tratamiento debe tomar en cuenta la cantidad y composición de las aguas residuales. La medida del gasto y su ámbito de variación se toman en cuenta para el diseño hidráulico de las instalaciones. Las características físicoquímicas y biológicas dictarán el tipo de procesos y operaciones unitarias necesarias para un diseño apropiado y efectivo.

Las características de las aguas residuales domésticas han sido ampliamente estudiadas y por eso, son conocidos los métodos idóneos para su tratamiento, éstos dan lugar a diseños de sistemas con base a una combinación de operaciones y procesos unitarios bien definidos.

Las aguas residuales industriales, debido a la complejidad que en

algunos casos se presentan en los procesos de manufactura presentan características que hacen necesarios estudios de tratabilidad y diseños específicos, para resolver los problemas que tales características provocan sobre los sistemas de tratamiento. Los materiales resistentes al tratamiento son reducidos mediante dilución principalmente. La dilución necesaria se calcula mediante bioensayos.

La reducción o eliminación total según el caso, de elementos nutritivos como fósforo y nitrógeno antes de la disposición de las aguas residuales, es necesaria, porque estimulan el crecimiento indeseable de plantas acuáticas que producen turbiedad, malos olores a su muerte y consumo de oxígeno. La propiedad más objetable es su contribución al aceleramiento de la eutroficación (proceso natural de envejecimiento de los cuerpos de agua).

CALIDAD DE LAS AGUAS TRATADAS.

En muchas ocasiones los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales son utilizados con fines diversos, tales usos pueden en algunos casos determinar la calidad requerida para las aguas tratadas y consecuentemente el grado de tratamiento que habrá de aplicarse a las aguas residuales. Tales usos incluyen el riego de zonas verdes, recarga de acuíferos, reutilización en la misma planta para sus operaciones o por la industria en sus procesos; podrá, quizás, llegarse al uso, previo tratamiento apropiado, como abastecimiento de agua potable en aquellas zonas donde la escasez de agua así lo demande.

ZONAS DE RECREO. Los ejemplos típicos de reutilización del agua tratada en este aspecto son el riego de campos de golf, parques y Jardines, construcción de lagos y estanques, etc. En nuestro País en las zonas turísticas de Cancún y Las Hadas se riegan los campos de golf con aguas tratadas, los lagos del viejo y nuevo bosque de Chapultepec se llenan con aguas provenientes de una planta de tratamiento.

AGRICULTURA. La reutilización de aguas residuales en la agricultura es posible si se contempla el tipo de cultivos en que se van a emplear; para el riego de frutales se podrían usar efluentes sin desinfectar. Por razones higiénicas no se debieran usar para el riego de verduras que se consumen crudas.

INDUSTRIA. La industria es sin duda alguna una de las actividades humanas que mayores volúmenes de agua consume. Habiendo dentro de sus procesos algunos que no requieren agua de calidad potable, es posible reutilizar aguas tratadas en procesos de enfriamiento, generación de energía, etc. por otra parte, una planta cuyos requerimientos de agua puedan ser satisfechos con el efluente de una planta de tratamiento adecuadamente localizada, puede liberar un caudal considerable de agua potable para los usos domésticos.

REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS RECEPTORAS.

En términos generales los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales se descargan a cuerpos de agua. Por tanto, en muchas ocasiones el grado de tratamiento está basado en la capacidad de asimilación y los usos a que se destinen las aguas de los receptores; así por ejemplo, los usuarios de aguas abajo de una corriente, tienen derecho a recibir agua de tal calidad que sea susceptible de usarse sin riesgos graves para la salud.

Casi siempre los grandes cuerpos de agua o los cuerpos que están en buena condición, requerirán que las aguas que a ellos se descarguen reciban un tratamiento limitado; por otra parte, es preciso un tratamiento más completo donde los cuerpos receptores no son capaces de asimilar la carga contaminante. Se requiere de cloración donde las aguas receptoras son usadas con fines de abastecimiento público, como balnearios o por otras razones de salud pública.

Referente a estos aspectos de la calidad requerida en las aguas receptoras, en nuestro País el "Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas", clasifica a las aguas de los cuerpos receptores según sus usos como se anota en la Tabla V.

Como ejemplo de este tipo de reglamentaciones, en la Tabla VI se muestran las 6 clasificaciones más comunes que de los usos del agua se hace en los Estados Unidos de Norte América.

EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO.

Por lo general la eficiencia del tratamiento se evalúa midiendo el porcentaje de remoción de un contaminante en particular, los más empleados son la DBO y los sólidos suspendidos (SS). El procedimiento consiste en medir las concentraciones tanto en el influente como en el efluente de la planta de tratamiento y compararlos. El porcentaje de remoción se calcula como sigue:

$$E = \frac{CI - CE}{CI} \times 100$$

Donde:

E = Eficiencia (%).
CI = Concentración del influente
CE = Concentración del efluente

Ahora bien, el grado de eficiencia en el tratamiento tiene mucho que ver con la calidad deseada para disponer las aguas tratadas o para su reutilización posterior.

En la tabla VII se muestran las eficiencias en el tratamiento de las operaciones o procesos de tratamiento en función de la remoción de la DBO y sólidos suspendidos, así como la reducción bacteriana asociada.

Cuando una planta de tratamiento está compuesta de una serie de unidades de tratamiento, la eficiencia total es una combinación de

las remociones efectuadas por las unidades individuales.

Aunque las aguas residuales pueden ser purificadas a cualquier grado deseado por los sistemas de tratamiento, son las consideraciones económicas, relativas a los costos de las obras incluidas en las alternativas de los tratamientos, que incluyen costos de construcción, administración, operación y mantenimiento, las que gobiernan la selección de procesos por utilizar en los sistemas de tratamiento.

DISPONIBILIDAD Y CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS DEL TERRENO.

Si las plantas de tratamiento de aguas residuales están bien localizadas, bien diseñadas y bien operadas, no llegarán a ser molestia alguna. De la disponibilidad de terreno puede depender el sistema de tratamiento a aplicar pues, por ejemplo, las lagunas de estabilización necesitan mayor superficie de terreno que el sistema de lodos activados o filtros rociadores. Por otra parte, el volumen de lodos, las dificultades para su remoción y su costo, son factores importantes en la selección del método de lodos activados para el tratamiento de aguas residuales.

Como normalmente las plantas de tratamiento se sitúan cercanas a los cuerpos receptores, es menester mantenerlas a salvo de inundaciones al igual que a las instalaciones complementarias. Además, al localizarlas en terrenos mas o menos elevados se facilita la operación por gravedad de las instalaciones hidráulicas.

A la superficie ocupada por las estructuras de tratamiento se debe añadir el espacio necesario para caminos de acceso, prados y Jardines, andadores, estaciones de bombeo, áreas de ventilación, edificios para supervisión y laboratorios y desde luego, debe contemplarse dejar terreno para la expansión en caso necesario.

POBLACION Y AREA SERVIDA.

Las obras de tratamiento de aguas residuales deben ser planeadas para satisfacer las necesidades de una comunidad durante un plazo razonable. Si la población crece rápidamente o las tasas de interés sobre los empréstitos para la ejecución de las obras es alto, las obras se proyectan para plazos cortos, 10 a 15 años, si por lo contrario, se tiene un crecimiento lento y baja tasa de interés, se puede extender el periodo de proyecto a 20 - 25 años o más.

El área de la cuenca natural de drenaje, los límites políticos son factores que deben tomarse en cuenta para determinar el periodo de diseño de las obras. En áreas altamente desarrolladas, que sirvan como polos de atracción debieran de considerarse las áreas suburbanas que drenan hacia la ciudad, así como aquellas que pudieran ser incorporadas a la ciudad en futuras ampliaciones, para prever las ampliaciones a las obras de tratamiento. Algo digno de tomarse en cuenta, son las consideraciones de un plano regulador donde éste exista.

El volumen de las aguas residuales por tratar depende de la extensión del área servida, tipo de sistema de colección, hábitos de la población, naturaleza y número de plantas industriales.

Las industrias situadas dentro de los límites urbanos generalmente descargan sus aguas residuales al alcantarillado público, la mayor parte de estas aguas son factibles de ser tratadas después de haberlas diluido en las aguas residuales municipales, sin embargo, si se presentaran volúmenes muy grandes, deben considerarse éstos en el dimensionamiento de todas las unidades ya sean de conducción o tratamiento. Es recomendable el tratamiento previo de las aguas residuales industriales que presenten características y concentraciones significativamente distintas de las municipales.

Las obras de tratamiento se proyectan normalmente para el gasto medio de aguas residuales.

COSTOS

Al hacer la selección del sistema de tratamiento por aplicar a las aguas residuales, es necesario evaluar el costo o costos de construcción, operación y mantenimiento para los diferentes tipos de plantas, los cuales se estiman sobre bases anuales para propósitos de comparación entre las alternativas posibles.

El costo mayor es el de construcción, Imhoff-Fair lo estiman entre el 80 y 85% del costo total (1), y los costos anuales compuestos de la suma de los intereses, costos de amortización y de operación en 6% del costo primario de construcción. En general los costos de operación disminuyen a medida que aumenta el tamaño de las plantas. En algunos casos los costos de operación varían estacionalmente.

(1) Sewage Treatment. Imhoff & Fair, John Wiley & Sons, Inc., 2nd edition, 1956.

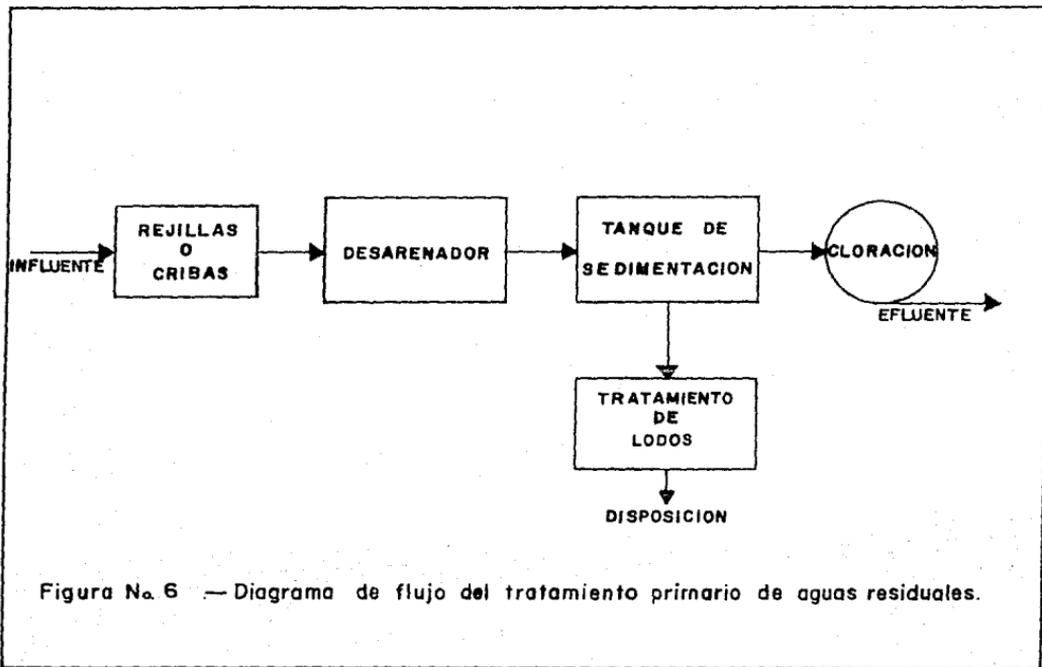


Figura No. 6 — Diagrama de flujo del tratamiento primario de aguas residuales.

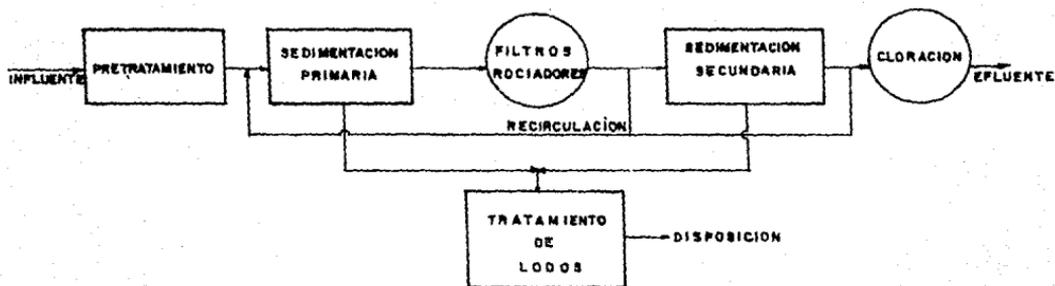


FIG Nº 7 Diagrama de flujo del tratamiento secundario de aguas residuales mediante el método de filtros rociadores.

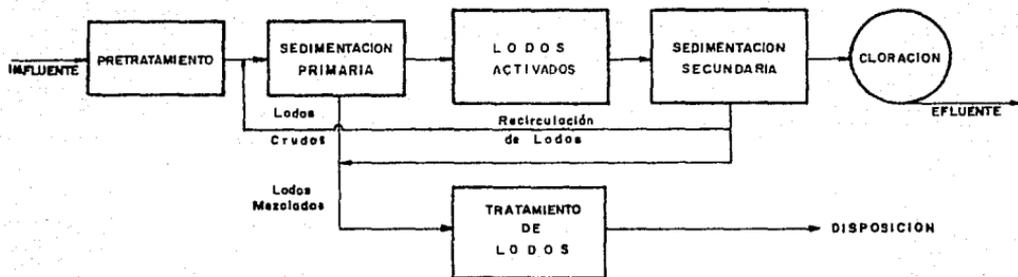
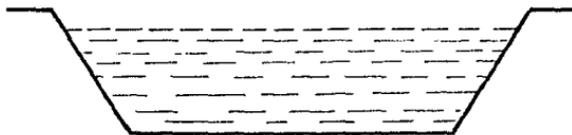
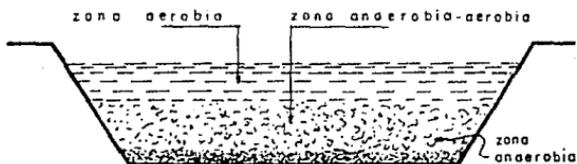


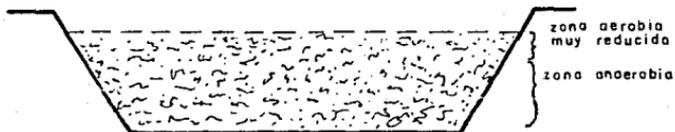
FIG.Nº8 Diagrama de flujo del tratamiento secundario de aguas residuales mediante el método de lodos activados. Existen diversas variantes de este proceso



a) Laguna aerobia



b) Laguna facultativa



c) Laguna anaerobia

Figura Nº 9 Representación esquemática de las lagunas de estabilización

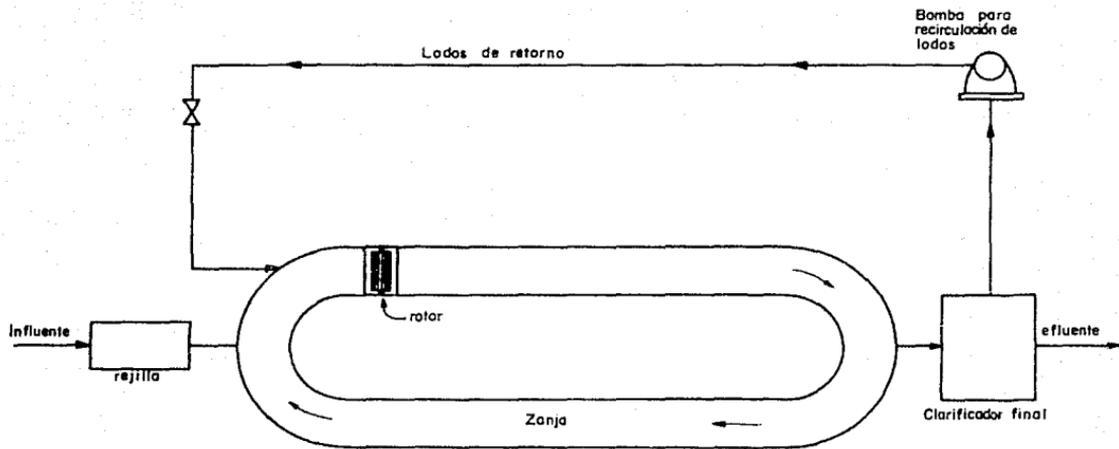


FIG. 10.- DIAGRAMA DE UNA ZANJA DE OXIDACION

TABLA IV.— Algunas características de los radioisotopos

ISOTOPOS	VIDA MEDIA		GRAMOS CURIE	TEJIDOS DEL CUERPO AFECTADOS	CONCENTRACION MAXIMA TOLERABLE	
					μ CURIE/ml	mg/l
Uranio , U ²³⁸	4.5 x 10 ⁸	a	2.9 x 10 ⁶	huesos	8 x 10 ⁻⁵	
Radio , Ra ²²⁶	1.6 x 10 ⁵	a	1.0	huesos	4 x 10 ⁻⁶	4.0 x 10 ⁻⁸
Cesio , Cs ¹³⁷	33	a	3.8 x 10 ²	musculos	1.3 x 10 ⁻³	5.2 x 10 ⁻⁵
Estroncio, Sr ⁹⁰	25	a	6.1 x 10 ³	huesos	8 x 10 ⁻⁷	4.9 x 10 ⁻⁹
Estroncio, Sr ⁸⁹	53	d	3.6 x 10 ⁵	huesos	7 x 10 ⁻⁵	2.5 x 10 ⁻⁹
Fosforo , P ³²	14	d	3.4 x 10 ⁶	huesos	2 x 10 ⁻⁴	6.8 x 10 ⁻¹⁰
Yodo , I ¹³¹	8	d	7.8 x 10 ⁶	tiroideas	3 x 10 ⁻⁵	2.3 x 10 ⁻¹⁰
Sodio , Na ²⁴	15	h	1.1 x 10 ⁷	todo el cuerpo	8 x 10 ⁻³	8.8 x 10 ⁻¹⁰

a = año, d= día, h=horas

De Alcantarillado y tratamiento de Aguas Negras, Babbitt y Bauman, CECSA. México 1971

TABLA I
 CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE LOS CUERPOS RECEPTORES SUPERFICIALES EN FUNCION DE SUS USOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD

	(1) pH	(2) Temperatura (°C)	(3) O.D. (mg/l)	(4) Bacterias Coliformes NM _F (Organismos/100 ml)	(5) Aceites y Grasas (mg/l)	(6) Sólidos Disueltos (mg/l)	(7) Turbiedad (U.T.J)	(8) Color (Escala Platina - Cobalto)	(9) Olor y Sabor	(10) Nutrientes Nitrogeno Fósforo	(11) Materia Flotante	(12) Substancias Tóxicas
			Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo		
DA	6.5 8.5	C.N. más 2.5 (a)	4.0	200 fecales (b)	0.76	No mayor de 1 000	10	20	Ausente	(c)	Ausente	(d)
DI	6.0 9.0	C.N. más 2.5 (a)	4.0	1000 fecales (a)	1.0	No mayor de 1 000	C.N.	(f)	(g)	(c)	Ausente	(d)
DII	6.0 9.0	C.N. más 2.5 (a)	4.0	10 000 coliformes totales como promedio mensual: ningún valor mayor de 20 000 (b)	Ausencia de películas visibles	No mayor de 2 000	C.N.	C.N.	C.N.	(c)	Ausente	(d)

Tabla VI

USOS BENEFICOS Y NORMAS DE CALIDAD PARA AGUAS SUPERFICIALES

	Oxígeno Disuelto mg/l	Sólidos permisibles		Coliformes Máx. perm. por 100 ml
		disueltos	otros	
Abastecimiento público	4.0	500-750	Ningún sólido flotante o sedimentable - que forme depósitos	2,000 fecales 10,000 totales
Recreación con contacto	4.0-5.0	nada	Ningún sólido flotante o sedimentable - que forme depósitos	Media de 1,000 (200 fecales) con no más de - 10% de muestras excedidas 2,000 (400 fecales)
Propagación de peces y vida silvestre	4.0-6.0 Dependencia de especies y del agua dulce o sal	Nada	Ningún sólido flotante o sedimentable - que forme depósitos	Media de 5,000
Abastecimiento industrial	3.0-5.0 según el uso	750-1,500	Ningún sólido flotante o sedimentable - que forme depósitos	Generalmente no especificada
Abastecimiento agrícola	3.0-5.0 Con base en la aplicación	750-1,500 Según uso y clima	Ningún sólido flotante o sedimentable - que forme depósitos	Generalmente no especificada
Cultivo de mariscos	4.0-6.0 Dependencia de las condiciones locales	Nada	Ningún sólido flotante o sedimentable - que forme depósitos	Media de 70 con no más de 10% - de muestras excedidas de 230

T A B L A VII

EFICIENCIAS RELATIVAS DE LAS OPERACIONES O PROCESOS DE
TRATAMIENTO

<u>OPERACION O PROCESO</u>	<u>REDUCCIONES EN POR CIENTO</u>		
	<u>DBO</u>	<u>SOL. SUSP.</u>	<u>BACTERIAS</u>
Cribado	5-10	2-20	10-20
Cloración de agua residual cruda o sedimentada	15-30	----	90-95
Sedimentación simple	25-40	40-70	25-75
Coagulación química	50-85	70-90	40-80
Filtros rociadores de alto gasto precedidos y seg. de sedim. simple	85-95	85-92	80-95
Filtros rociadores de bajo gasto precedidos y seg. de sedim. simple	80-95	70-92	90-95
Lodos activados de alto gasto precedidos y seg. de sedim. simple	85-95	65-95	80-95
Lodos activados convencionales precedidos y seg. de sedim. simple	75-95	85-95	90-98
Lagunas de estabilización:			
Aerobias	80-95	----	----
Facultativas	75-85	----	----
Anaerobias	50-70	----	----
Zanjas de oxidación	90-95	----	----
Cloración de aguas residuales	----	----	98-99

T A B L A VIII

CONCEPTOS EMPLEADOS EN LA CLASIFICACION DE CUENCAS EN
PORCENTAJES DE LOS TOTALES NACIONALES

<u>Concepto</u>	<u>1er Orden</u>	<u>2o Orden</u>	<u>3er Orden</u>
Carga orgánica (DBO5)	54	41	0
Población	59	22	6
Superficie bajo riego	52	45	0
Valor bruto de la produccion	77	9	7
Número de Cuencas	11	43	184

CAPITULO V

ASPECTOS LEGALES RELACIONADOS CON LA CONTAMINACION DEL AGUA

5.1. CONCEPTOS GENERALES

En el mundo existe agua en cantidad suficiente para satisfacer cualquier demanda que se pudiese presentar, pero son los factores de lugar, tiempo y calidad los que hacen surgir problemas y les dan complejidad al interrelacionarse.

Por lo que a nuestro País se refiere y con respecto a la cantidad, la SARH considera que se disponen anualmente de 450,000 millones de metros cúbicos de agua y que en la actualidad se utilizan 150,000 millones de metros cúbicos que representan el 33% del total disponible, por lo que se considera que el País cuenta con el agua suficiente para satisfacer sus necesidades presentes y futuras. Pero, debido a las características geográficas del Territorio Nacional hacen que la distribución del agua, sea irregular; como consecuencia, gran parte del Territorio carece de agua o cuenta con muy poca, lo que somete a una parte de la población a condiciones críticas, frenando el desarrollo económico y el progreso social.

5.2. ANTECEDENTES LEGALES.

La utilización del agua crea derechos y obligaciones entre los usuarios, y por lo tanto, es necesario establecer normas jurídicas que regulen unos y otras para, de ésta manera, hacer racional el uso del agua y evitar conflictos en lo posible.

En nuestro País, existen antecedentes sobre la propiedad del agua en el libro VI de la Política Indiana, donde se establece que "... Las tierras, campos, montes, pastos, ríos y aguas públicas están reservadas a los Reyes e incorporadas a su Real Corona." Por otro lado establece que "... Es el Rey el único que puede repartir el agua."

Las Leyes de Indias daban carácter público a las aguas cuando expresaban "... Ordenamos que los pastos, montes y aguas sean comunes tanto a los españoles, como a los indios." Estas disposiciones se mantienen hasta 1824 en que la Constitución del México Independiente faculta al Congreso General para vigilar la apertura de caminos y canales. En 1857 se faculta al Congreso para determinar cuales son las aguas de jurisdicción federal y para expedir leyes sobre su aprovechamiento.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos promulgada en 1917 y vigente hasta la fecha, establece la Propiedad Nacional de las aguas y su control por el Gobierno Federal. En su Artículo 27 previene "... La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del Territorio Nacional, corresponde originalmente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada." Por otra parte, en su Artículo 73 fracción XVII

se asienta que el Congreso tiene facultad "... para dictar leyes sobre vías generales de comunicación, sobre postas y aprovechamiento de las aguas de Jurisdicción Federal."

La Ley de Aguas de Propiedad Nacional (1934) y su Reglamento: que en términos generales señala cuales son las aguas de propiedad nacional y con fundamento en el párrafo sexto del Artículo 27 Constitucional declara, que el dominio de la Nación sobre estos bienes es inalienable e imprescriptible. Regula los medios por los cuales el Estado concede el aprovechamiento de las aguas. Faculta al Ejecutivo Federal para la reglamentación del uso y el aprovechamiento de tales aguas. Organiza y establece las sociedades de usuarios, las cuales podrán constituirse en Juntas de Aguas. Dedicar un capítulo a disposiciones generales.

Esta ley con el tiempo paso a ser inoperante, lo que dio lugar a diversos intentos por modificarla y adecuarla a las circunstancias vigentes, pero tales intentos no prosperaron. A cambio, se expidieron Leyes que tuvieron una función complementaria pero que no llegaron a llenar todos los aspectos jurídicos del aprovechamiento y preservación de las Aguas Nacionales y de las cuales, mencionaremos las mas representativas.

LEY DE RIEGOS (1946). Se funda en el párrafo tercero del Artículo 27 Constitucional, tiene por objeto promover, fomentar y encauzar la planeación, proyecto y operación de obras de riego, saneamiento y protección de tierras; aumentar y mejorar la producción agrícola procurando el máximo aprovechamiento de los recursos hidráulicos del País.

LEY FEDERAL DE INGENIERIA SANITARIA (1948). Se trata de una Ley muy concisa que faculta a la SRH para la planeación, proyecto y ejecución de obras de abastecimiento de agua potable y alcantarillado en las poblaciones del País, si estas se efectúan parcial o totalmente con fondos del Gobierno Federal. Además, atribuye a la misma Secretaría la supervisión de todas las obras, proyectos y planeación aunque no haya inversión del Gobierno Federal.

LEY REGLAMENTARIA EN MATERIA DE AGUAS DEL SUBSUELO (1956) Y SU REGLAMENTO (1958). Tiene fundamento en el párrafo quinto del Artículo 27 Constitucional y tiene por objeto regular y reglamentar los aprovechamientos que se realicen con aguas del subsuelo; dispone el registro obligatorio de las obras de alumbramiento. Faculta al Ejecutivo Federal para crear reservas de Aguas Termales, dando preferencia a la Comisión Federal de Electricidad para la generación de energía eléctrica. Faculta a la Secretaría de Recursos Hidráulicos para sancionar a los infractores de la Ley para impedir que se realicen obras, suspender las iniciadas y aún para destruir las ya ejecutadas.

Como consecuencia del desarrollo del País, han aumentado las áreas urbanas, agrícolas e industriales ocasionando una demanda por mayores volúmenes de agua para los usos respectivos. Los avances

tecnológicos y el incremento de los niveles de vida han dado origen a problemas nuevos, que los diferentes ordenamientos jurídicos no pudieron prever en la época en que fueron expedidos.

Por las razones anteriores, fue necesario actualizar la legislación vigente sobre las aguas, concentrarla, precisarla y depurarla, fue así que en marzo de 1971 se expidió la Ley Federal Para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental.

LEY FEDERAL PARA PREVENIR Y CONTROLAR LA CONTAMINACION AMBIENTAL.
Ley que constituye un paso decisivo en el ataque a los problemas de contaminación definiendo un cuerpo normativo de naturaleza y estructura específica para la contemplación de estos problemas. Esta Ley consta de cinco capítulos, uno de disposiciones generales, tres sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo respectivamente y uno de sanciones. Los aspectos fundamentales de esta Ley son los siguientes:

a) Declara de interés público los problemas derivados de la prevención y control de la contaminación y el mejoramiento, conservación y restauración del medio ambiente.

b) Define a la Secretaría de Salubridad y Asistencia y al Consejo de Salubridad General como responsables de la aplicación de esta Ley y sus Reglamentos, en coordinación con la Secretaría de Recursos Hidráulicos en materia de prevención y control de la contaminación de las aguas; la Secretaría de Agricultura y Ganadería en materia de prevención y control de la contaminación de los suelos; y a la Secretaría de Industria y Comercio en materia de prevención y control de la contaminación por actividades industriales o comerciales.

c) El desarrollo de programas educativos y de información a nivel nacional, sobre el problema de la contaminación ambiental, orientado muy especialmente a la niñez y la juventud hacia el conocimiento de los problemas ecológicos.

d) Respecto a la prevención y control de la contaminación de aguas tema de éste trabajo, la Ley prohíbe arrojar en las redes de alcantarillado, ríos, cuencas, vasos y demás depósitos de agua o infiltrar en terrenos, aguas residuales que contengan contaminantes, por otro lado, previene que el agua residual proveniente del uso doméstico, público o industrial que deban descargarse en los sistemas de captación (alcantarillado, cuencas, ríos, infiltración al subsuelo, mares territoriales, etc.) deberán cumplir con ciertas condiciones necesarias para prevenir la contaminación de los cuerpos receptores.

Con el objeto de hacer cumplir cabalmente las disposiciones de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, se han promulgado los siguientes reglamentos que a continuación se enuncian:

- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de

Aguas.

- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, originada por la Emisión de Humos y Polvos.

- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental originada por la Emisión de Ruidos.

En este espacio, solo consideraremos el Reglamento para la Prevención y control de la Contaminación de Aguas que fue expedido en el mes de marzo de 1973 y que está enfocado a dos aspectos fundamentales:

El primero, tiende a prevenir la contaminación de las aguas que conservan todavía sus características naturales, sin que se pretenda conservarlas en tal estado, sino de aprovechar su capacidad de asimilación de materiales contaminantes, de manera que no se altere su calidad y sean útiles para el uso a que se destinen.

El segundo aspecto fundamental, pretende controlar la contaminación en aguas cuya calidad se ha deteriorado, para que con el concurso de los sectores interesados, restituirla a fin de poder dedicarla a su mejor uso.

El Reglamento, cuya aplicación compete principalmente a la Secretaría de Recursos Hidráulicos, está concebido como un plan de acción que implica el desarrollo de una serie de actividades que convencionalmente pueden concentrarse en tres etapas básicas que son:

1a. ETAPA. Registro ante la SRH de todas las descargas de aguas residuales provenientes de usos municipales, industriales, comerciales y agropecuarios, con la sola excepción de las generadas en casas habitación.

A partir de la fecha de registro se estipula un plazo para que las descargas de aguas residuales cumplan con cinco características de calidad para las cuales se fijan los siguientes valores máximos tolerables:

I. Sólidos sedimentables	1.00 ml/L.
II. Grasas y Aceites	70.00 mg/L.
III. Materia flotante	Ninguna que pueda ser retenida por malla de 3mm. de claro libre cuadrado.
IV. Temperatura	35°C
V. Potencial Hidrógeno (pH)	4 . 5 - 10 . 0

2a. ETAPA. Verificación de la SRH del cumplimiento por parte de los responsables de las descargas con las 5 características de calidad.

3a. ETAPA. La SRH fijará las condiciones particulares (características físicas, químicas y bacteriológicas) que deberán satisfacer las aguas residuales antes de ser descargadas a un cuerpo receptor.

Otros requerimientos que merecen destacarse son:

- El Reglamento contiene las tablas para la clasificación de los cuerpos receptores y otras que contienen los valores máximos permisibles de sustancias contaminantes y tóxicas en los cuerpos receptores.

- Los responsables de descargas de aguas residuales de una misma zona, podrán agruparse para construir una planta de tratamiento común.

- Se integrarán comisiones consultivas de cuenca o región para que estudien y opinen sobre la prevención y control de la contaminación del agua en esa cuenca o región.

Posteriormente, en el mes de Enero de 1984 se modifica la Ley Federal de Protección al Ambiente. Las modificaciones más importantes son las que a continuación se detallan:

1.- Eleva a rango de interés social las disposiciones de esta Ley, cuyo objeto es el de establecer normas para la conservación, protección, preservación, mejoramiento y restauración del medio ambiente.

2.- Establece el marco legal para la creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) que substituirá a la Secretaría de Salubridad y Asistencia en la aplicación y cumplimiento de la presente Ley, así como las facultades de ésta para:

a) Establecer criterios y procedimientos de conservación, protección, preservación, mejoramiento y restauración del medio ambiente para el ordenamiento ecológico del Territorio Nacional.

b) Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y sus causas.

c) Fijar niveles permisibles de las emisiones de contaminantes de las fuentes fijas y móviles.

d) Recopilar, revisar, intercambiar e integrar toda la información relacionada con la contaminación del medio ambiente y su control, en coordinación con los organismos públicos o privados, nacionales o internacionales.

e) Realizar o fomentar investigaciones y promover programas para el desarrollo de técnicas y procedimientos que permitan prevenir.

controlar y abatir la contaminación del medio ambiente y de los recursos que lo integran.

f) Promoverá el desarrollo de programas educativos e informativos a nivel nacional sobre la significación del problema de la contaminación ambiental.

g) Sancionará los proyectos de obras públicas o particulares que puedan producir contaminación o deterioro ambiental, que excedan los límites mínimos marcados en las normas técnicas respectivas.

3.- Respecto a la Protección de las aguas; prohíbe la descarga de aguas residuales sin previo tratamiento en las redes colectoras, ríos, cuencas, causes, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua o infiltrar en terrenos. La SEDUE determinará las normas para uso y aprovechamiento de las aguas residuales así como las condiciones mínimas para el vertimiento en los cuerpos receptores, así mismo, prohíbe el almacenamiento de aguas residuales que no se ajusten a las disposiciones emitidas.

4.- Establece que las aguas residuales provenientes de los usos públicos, domésticos, industriales o agropecuarios que se descarguen en los cuerpos receptores, deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir:

a) La contaminación de los cuerpos receptores.

b) Interferencias en los procesos de depuración de las aguas.

c) Trastornos, impedimentos o alteraciones en los aprovechamientos, capacidad hidráulica en las cuencas, vasos, mantos acuíferos y demás depósitos de propiedad nacional, así como de los sistemas de alcantarillado.

5.3. LEGISLACION VIGENTE RELATIVA AL AGUA.

En Diciembre de 1971 entra en vigor la Ley Federal de Aguas, la cual se mantiene vigente hasta la fecha.

LEY FEDERAL DE AGUAS Agrupa en un solo ordenamiento jurídico la legislación en materia de agua que se encontraba dispersa, por otra parte, esta Ley hace concordar la nueva legislación en materia Agraria, Sanitaria, de Contaminación y en general, con todos los ordenamientos que se relacionan con los usos de las Aguas Nacionales.

La Ley Federal de Aguas jerarquiza los usos del agua de acuerdo con el siguiente orden:

- I. Usos domésticos
- II. Servicios Públicos Urbanos
- III. Abrevaderos de Ganado
- IV. Riego de Terrenos:
 - a) Ejidales y Comunales
 - b) De propiedad Privada
- V. Industrias:
 - a) Generación de Energía Eléctrica para servicio Público
 - b) Otras Industrias
- VI. Acuacultura
- VII. Generación de Energía Eléctrica para servicio privado
- VIII. Lavado y Entarquinamiento de terrenos
- IX. Otros.

Es de interés hacer notar que esta Ley, contempla de manera específica el problema de la calidad de las aguas al declarar de utilidad pública las obras hidráulicas destinadas a preservar y mejorar las condiciones ecológicas, la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea su régimen. Previene que se pueden suspender los aprovechamientos, obras y actividades que dañen los recursos hidráulicos o el equilibrio ecológico. Regula la distribución de las aguas de una corriente o depósito de propiedad nacional, evitando los desperdicios para obtener un mayor rendimiento del recurso. Establece sanciones a quienes sin autorización arrojan en los cauces y vasos de Propiedad Nacional aguas de desechos industriales; desviar o derivar aguas de Propiedad Nacional sin autorización de la SARH.

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (1988) Entra en vigor en el mes de Marzo, substituyendo a la Ley Federal de Protección al Ambiente. Con esta ordenanza, se pretende conciliar, prevenir y corregir los impactos al medio ambiente debidos al desarrollo acelerado del País.

La Ley está estructurada en seis títulos, los cuales describire brevemente a continuación:

El título Primero es de Disposiciones Generales, estableciendo el objeto de la Ley, sus conceptos fundamentales (Ambiente, Contaminación, Contaminante, Criterio Ecológico, Desequilibrio Ecológico, Ecosistema, Impacto Ambiental, etc.) el establecimiento de la Política Ecológica así como la definición de sus instrumentos de ejecución y desarrollo.

El Segundo, se refiere a las Áreas Naturales Protegidas o Zonas de Reservas Ecológicas.

El Tercero, determina las regulaciones sobre los Aprovechamientos Racionales de los Elementos Naturales comprendidos el Agua y los Ecosistemas Acuáticos, el Suelo y sus recursos y por último contempla los efectos de la Exploración y Explotación de los Recursos no Renovables.

El Título Cuarto se refiere a la Protección del Medio Ambiente incluyendo la prevención y control de la contaminación Atmosférica, del Agua, del Suelo, de la Energía Nuclear, del Ruido, Vibraciones, de la Energía Térmica y Lumínica, los Olores y la Contaminación Visual; se consideran también a las Actividades Riesgosas y a los Materiales y Residuos Peligrosos.

El Título Quinto está dedicado a la Participación Social en las Acciones Ecológicas.

El Título Sexto contempla las Medidas de Control, Seguridad y Sanciones a los ordenamientos de esta Ley.

Con respecto a la Prevención y Control de la Contaminación del Agua y de los Ecosistemas Acuáticos, la ley establece:

a) Los criterios para prevenir y controlar su contaminación, y se establecen los instrumentos y procedimientos para la aplicación de dichos criterios.

b) Se establece con claridad las competencias de cada dependencia federal, incluyendo las ejercidas de manera coordinada.

c) Prohíbe descargar a los cuerpos receptores, aguas residuales provenientes de usos municipales, públicos o domésticos, industrial o agropecuario que no cumplan con las Normas Técnicas Ecológicas que para tal efecto se expidan.

d) Las autorizaciones para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas residuales en actividades económicas, estarán condicionadas al tratamiento previo que cumpla con las Normas Técnicas emitidas por la SEDUE en coordinación con la SARH y la SS.

5.4. NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS.

De acuerdo con lo establecido en la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que todas las descargas de aguas residuales en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, deberán satisfacer las Normas Técnicas Ecológicas que establezcan los límites máximos permisibles de contaminantes en dichas descargas, a fin de asegurar una calidad del agua satisfactoria para el bienestar de la población y del equilibrio ecológico. Para lo cual, la SEDUE en coordinación con la SARH realizan reuniones con los representantes de las distintas ramas de la industria y las actividades agropecuarias para determinar conjuntamente y de acuerdo con los estudios y experiencias Nacionales e Internacionales, los límites máximos

permisibles para prevenir el deterioro ecológico, es decir, que se modifiquen las características fisicoquímicas y biológicas naturales de los cuerpos, disminuyendo en consecuencia su capacidad de autodepuración.

A manera ilustrativa transcribimos la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-002/88 que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria productora de azúcar de caña.

P A R A M E T R O S	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
	PROM. DIARIO	INSTANTANEO
pH (unidades de pH)	6 - 9	6 - 9
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L.)	60	72
Sólidos sedimentables (ml/L.)	1	1.2
Grasas y aceites (mg/L.)	20	24

El procedimiento para la obtención de los valores promedio diarios de contaminantes en las descargas de aguas residuales, se hará mediante el análisis de muestras compuestas que resultan de la mezcla de muestras instantáneas tomadas de acuerdo a la tabla siguiente:

Horas por día que opera el proceso generador de la descarga	Intervalo entre toma de muestras instantáneas (horas)
8	3
12	3
24	4

Los métodos de prueba que se aplicarán para determinar los valores de los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, son los contenidos en las normas oficiales mexicanas vigentes.

- NOM-AA-3-1980 Aguas residuales - Muestreo
- NOM-AA-5-1980 Aguas - Determinación de grasas y aceites Método de extracción Soxhlet.
- NOM-AA-7-1980 Aguas - Determinación de la temperatura Método Visual con termómetro.
- NOM-AA-8-1980 Aguas - Determinación de pH - Método potenciométrico
- NOM-AA-14-1980 Cuerpos receptores - Muestreo.
- NOM-AA-26-1980 Aguas - Determinación de nitrógeno total - Metodo Kjeldahl.

- NOM-AA-28-1981 Determinación de demanda bioquímica de oxígeno Método de incubación por diluciones.
- NOM-AA-34-1981 Determinación de sólidos en agua - Método gravimétrico.
- NOM-AA-36-1980 Aguas - Determinación de acidez total y alcalinidad total - Método potenciométrico y volumétrico.
- NOM-AA-42-1981 Análisis de aguas - Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales - Método de tubos múltiples de fermentación.

C A P I T U L O VI

CONTROL REGIONAL DE LA CALIDAD DEL AGUA

6.1. CONCEPTOS GENERALES

A consecuencia de los usos del agua y la descarga indiscriminada de aguas residuales con masas de contaminantes cada vez mayores y más complejos, las aguas de algunos cuerpos receptores del País se han deteriorado en su calidad a tal grado que su disponibilidad para los usos más adecuados es cuestionable.

El concepto modernista para el manejo del agua establece que el nivel de calidad que debe mantenerse en los cuerpos receptores es función de los usos a los que se les destine y por tanto, se habla de contaminación del agua cuando ésta sufre un deterioro que la inhabilita para un uso determinado.

Las aguas de los ríos no son solamente un medio de conducir los desechos hacia el océano, sino recursos muy valiosos que pueden ser usados y reusados para muchos propósitos durante su recorrido. Su capacidad para asimilar distintas cargas contaminantes ha de ser protegida de modo que estos recursos puedan ser utilizados benéficamente, cualquier acción que se emprenda para evitar o abatir la contaminación del agua, tendrá efectos que repercutirán sobre una amplia zona y sus habitantes.

6.2. PANORAMA DE LA CONTAMINACION DEL AGUA EN MEXICO.

Las condiciones hidrológicas del País presentan situaciones difíciles, es bien conocida la irregular distribución del agua en el Territorio Nacional, hecho que ha influido en el desarrollo urbano, agrícola e industrial y provocado anormales concentraciones en algunas zonas del País, la cual ha originado entre otros muchos problemas el del incremento de la contaminación ambiental y en particular la contaminación del agua.

En México existen zonas críticas en las que la disponibilidad de agua está disminuyendo a consecuencia de la gran demanda en cantidad, motivada por la expansión de los centros urbanos e industriales, y del creciente aprovechamiento de la misma para usos agropecuarios.

Consecuentemente en varias de estas zonas la capacidad de asimilación de los cuerpos receptores se ha visto sobrepasada en algunos casos o sea, que los fenómenos de autopurificación natural ya no son capaces de restablecer con rapidez en esas corrientes las condiciones naturales de las aguas, de manera que sean adecuadas para un uso continuado y confiable.

CLASIFICACION DE CUENCAS. La Ex-Secretaría de Recursos Hidráulicos, que había sido la principal dependencia del Gobierno Federal encargada de atender el problema de contaminación del agua, (actualmente lo es la Secretaría de Agricultura y Recursos

Hidráulicos), realizó estudios de carácter general encaminados a obtener datos preliminares que permitieran establecer criterios para clasificar las cuencas hidrológicas del país en base a la magnitud potencial de la contaminación de sus aguas.

Los datos levantados aunque de carácter general, han sido suficientes para el propósito perseguido sobre todo al correlacionar en forma inicial, datos relativos a calidad del agua con parámetros de tipo demográfico o económico y con ellos se ha establecido una clasificación de 218 cuencas hidrológicas que abarcan el 84% de la superficie total del territorio nacional y el 92% de los ríos existentes, con el 81% del volúmen anual de agua escurrida.

En la tabla VIII se presentan algunos datos resultantes de la clasificación de las cuencas, en porcentaje de los totales nacionales para los conceptos enlistados.

La clasificación establecida comprende tres divisiones según se ve en la tabla VIII, como sigue:

a) CUENCAS DE 1er ORDEN. Se consideran cuencas de primer orden aquellas en donde ciertos tramos de sus corrientes principales presentan problemas de contaminación de sus aguas que demandan pronta atención para permitir el aprovechamiento racional del agua.

b) CUENCAS DE 2o ORDEN. Se clasificaron como cuencas de segundo orden aquellas que por su población y la industria establecida, así como por el acelerado desarrollo experimentado en los últimos años, se estima que en un período aproximado de 10 años generarán aguas residuales con un nivel de contaminación que interferirá con los usos benéficos del agua.

En esta clasificación quedaron incluidas 43 cuencas en las que si bien no se presentan en general problemas de contaminación, existen sin embargo, algunos núcleos urbanos e industriales que requieren de atención especial.

c) CUENCAS DE 3er ORDEN. Las 164 cuencas restantes quedaron clasificadas como de tercer orden. Actualmente en estas cuencas no se presentan niveles significativos de contaminación que interfieran con los usos del agua.

Como puede observarse, en las cuencas de primer orden se concentra el 59% de la población total del País, la cual como resultado de sus múltiples actividades origina que sea precisamente en estas cuencas donde se presentan las mayores concentraciones de descargas contaminantes hacia los cuerpos receptores. Esta situación se pone en evidencia de manera dramática al observar que en estas cuencas se genera el 77% del valor bruto del producto nacional.

CIUDADES Y ZONAS COSTERAS. Al igual que las cuencas hidrológicas, se analizaron las principales ciudades costeras donde se localizan playas turísticas y puertos de importancia, en lo relacionado a la generación de contaminantes y a la realización de acciones

encaminadas al control de la calidad del agua. La importancia de estas zonas se debe a que se les considera fuentes de divisas para la economía nacional, por otra parte, debido a que los cuerpos receptores son usados para recreación con contacto primario se requiere tener un cuidado especial sobre las descargas que a ellos se vierten. En la tabla IX se presentan las principales zonas turísticas y puertos del País.

Con fundamento en los resultados de los estudios realizados por la SARH, se deduce que las principales fuentes de contaminación están constituidas por el sector municipal y el industrial presentándose los cuadros mas marcados de contaminación y los principales problemas específicos de calidad del agua en todas aquellas áreas con alta concentración urbana e industrial, donde se hace necesaria la implantación de medidas adecuadas para el control de la calidad de las descargas de aguas residuales y para el buen uso y conservación del agua existente.

El segundo lugar como fuente de contaminación del agua lo ocupa el sector agropecuario, en el que se hace uso cada vez mas de toda clase de productos químicos tanto para mejorar la producción como para combatir las plagas. En la mayoría de los casos los residuos de estos productos alcanzan los cuerpos receptores y afectan negativamente la calidad de sus aguas.

De acuerdo con el panorama anterior y con las etapas de aplicación de la legislación en vigor relativa al control de la contaminación, es necesario llevar a cabo la construcción de un número cada vez mayor de plantas de tratamiento de aguas residuales tanto municipales como industriales, lo cual demandará inversiones crecientes por parte de los sectores Oficial y Privado.

La construcción individual de plantas de tratamiento para el control de la calidad de las descargas de aguas residuales, tiene el serio inconveniente de que cada vez seria mayor el número de efluentes, que habría que duplicar inversiones con el consiguiente desperdicio de los escasos recursos disponibles, pues hay que tener en cuenta que las condiciones económicas de los municipios y de la mayoría de las industrias constituyen un obstáculo para la construcción, administración, operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento independientes.

6.3. ENFOQUES PARA LA PROTECCION DE LA CALIDAD DEL AGUA

Existen dos enfoques básicos para enfrentar el problema de la protección de los cuerpos de aguas contra la contaminación:

- Uno consiste en fijar normas de calidad a las descargas de aguas residuales que se vierten en ellos, en particular a las descargas industriales.

- El otro establece normas de calidad que debe satisfacer el propio cuerpo receptor.

El primer enfoque requiere que los efluentes que se descarguen a los cuerpos receptores, sobre todo los industriales, no sobrepasen ciertos valores de concentración para los materiales contaminantes.

El segundo propugna la fijación de normas para los propios cuerpos, con base en normas de calidad que deben prevalecer en ellos atendiendo a los usos que tienen o puedan tener, por lo que las descargas que éstos reciban no necesariamente deben verse con las mismas características de calidad.

En términos generales puede decirse que si se aplican las medidas recomendadas por el primer enfoque, se llegan a establecer normas iguales para todas las descargas, independientemente del aprovechamiento de la poca o mucha capacidad de asimilación del cuerpo receptor para cada caso en particular, sin embargo, la vigilancia del cumplimiento de dichas medidas es sencilla puesto que hay que vigilar que todas y cada una de las descargas a una cierta corriente, o en una zona o cuenca estén cumpliendo con las mismas normas.

La principal desventaja de este enfoque consiste en que puede llevar a la fijación de normas que sean antieconómicas para ciertos tipos de descarga e impidan, por un lado, el cabal aprovechamiento de la capacidad de asimilación y por otro, el establecimiento de ciertas industrias en determinadas zonas.

Si se aplican las medidas recomendadas por el segundo enfoque, es obvio que éstas deben basarse necesariamente en un cuidadoso estudio de la capacidad de asimilación del receptor, con el objeto de adecuar a ella la calidad de todas y cada una de las descargas que reciba. Esto lleva, por la naturaleza misma del enfoque a la fijación de normas independientes para cada descarga, que incluso pueden variar para una misma descarga conforme transcurre el tiempo, al irse aprovechando más ampliamente el cuerpo receptor de que se trate.

De acuerdo con esto la vigilancia del cumplimiento de las normas establecidas, se vuelve más compleja y costosa que en el primer caso.

La ventaja principal de este enfoque radica en el hecho de que previene la contaminación excesiva del agua, sin importar el tipo de industria o la localización de esta o de las poblaciones.

En la legislación vigente del País, se establece una cierta clasificación de los cuerpos de agua de acuerdo con distintos niveles de su calidad, los cuales se fijan en función del uso del propio cuerpo de agua por tanto esta disposición lleva necesariamente a que las descargas de aguas residuales deban cumplir con ciertos parámetros de calidad, dependientes de su magnitud y contenidos, para que el cuerpo receptor satisfaga la calidad requerida por la clasificación. Este cumplimiento en casi todos los casos sólo puede lograrse mediante el tratamiento de las aguas residuales descargadas.

6.4. OPCIONES PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Los usos del agua generalmente son competitivos entre sí, por lo que para fijar las condiciones en que puedan hacerse las descargas de aguas residuales, deben tomarse en cuenta los derechos de todos los usuarios. En otras palabras, todo individuo tiene derecho a hacer uso del agua, pero también tiene la obligación de permitir su uso.

Independientemente del enfoque que se aplique para controlar la contaminación del agua, pueden considerarse tres formas de llevar a cabo dicho control, que son: La individual, la municipal y la regional.

SISTEMA INDIVIDUAL. Bajo este sistema cada descarga de aguas residuales debe cumplir con ciertos requisitos de calidad establecidos previamente por una autoridad oficial, antes de poder verse a un cuerpo receptor, debiendo dicha autoridad vigilar que cada descarga cumpla con los requisitos fijados. Este sistema de control generalmente origina altos costos y esto es un factor muy importante a considerar pues si bien es verdad que se debe controlar la contaminación del agua, ello debe hacerse de manera de no ocasionar problemas más graves que los que se tratan de resolver.

El sistema de control individual tuvo aceptación en un principio, tal aceptación ha ido disminuyendo a medida que aumentó el desarrollo industrial y se encontraron mejores técnicas de tratamiento y nuevas formas de administración.

SISTEMA MUNICIPAL. Este sistema consiste en que las autoridades de las poblaciones se hacen cargo del tratamiento de las aguas residuales domésticas, mezcladas con las generadas en establecimientos comerciales y de servicios, cuya calidad es similar, para este objeto deberán construir las obras de colección, tratamiento y disposición necesarias.

En las obras de tratamiento podrán admitirse las aguas residuales industriales, que fuera factible y/o conveniente tratar en combinación con las aguas residuales municipales. O sea, que las autoridades podrán admitir mediante convenio las aguas residuales para su tratamiento estipulando prescripciones tales como:

- a) Exclusión de ciertos desechos objetables en los sistemas de alcantarillado.
- b) Regulación de las tasas de admisión de residuos potencialmente peligrosos.
- c) Grado de tratamiento previo a la admisión en los alcantarillados.
- d) Cuantificación de la parte proporcional del costo del tratamiento de la mezcla de aguas residuales que la planta industrial pagaría.

Aún cuando este sistema se está aplicando en algunos países, en el

nuestro apenas se inicia su aplicación, pues para llevarlo a la práctica se requiere una sana economía y una buena organización de las autoridades de la población, así como una adecuada coordinación de las partes interesadas, requisitos que desafortunadamente en nuestro medio se está lejos de alcanzar.

SISTEMA REGIONAL. Un sistema regional generalmente está constituido por redes de drenaje, colectores y obras de tratamiento general, mediante las cuales se captan y tratan las aguas residuales generadas en una zona o región.

Mediante un sistema regional que incluya las diversas fuentes específicas de contaminación, se pueden coordinar instituciones administrativas, capital y métodos de tratamiento, para lograr los requerimientos óptimos de calidad para los cuerpos receptores de una región.

En términos generales conforme aumenta el volumen, el costo de tratamiento de las aguas residuales por unidad de volumen disminuye, esto hace atractivo el tratamiento combinado de aguas residuales municipales e industriales, donde sus características lo permiten. Por otra parte, si se realiza un análisis económico completo de acuerdo a las características de la región, el costo total puede ser minimizado.

6.5. CONSIDERACIONES PARA LA IMPLANTACION DE UN SISTEMA REGIONAL DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Conforme avanza el crecimiento de la población, y aumenta el establecimiento de plantas industriales, y el empleo de sustancias químicas como fertilizantes y para el control de plagas, la interacción entre usos y usuarios del agua viene a ser mas compleja, lo que hace necesario tomar medidas racionales para un manejo mas eficiente de tan preciado recurso natural.

Una medida que ha probado ser efectiva, es la creación de distritos sanitarios o sistemas regionales de control de la calidad del agua, estas entidades controlan todas las fuentes de contaminación y proporcionan tratamiento a las aguas residuales mediante un sistema manejado por un organismo autofinanciable, cuyo campo de acción es tan amplio como lo requieran las circunstancias.

Como ejemplo se puede citar los sistemas de control de rios existentes en algunas naciones europeas. En nuestro País las Comisiones Ejecutivas creadas para el manejo de diversos recursos en cuencas hidrológicas pudieran ser ejemplo también.

Para la implantación de un sistema regional de control de la calidad del agua deben tomarse en consideración muy diversos factores, entre los que se incluyen los siguientes:

a) AREA. El área que abarque el sistema deberá ser tal que las soluciones planteadas sean consistentes con las características y metas planteadas para todo el sistema.

El área ideal para un sistema regional está constituida por la cuenca de una corriente, debido a que los escurrimientos pluviales y de aguas residuales afectarán las aguas de dicha corriente. Las cuencas muy extensas se pueden dividir en subsistemas, considerando las subcuencas en base a sus características topográficas y la diversificación de descargas.

b) UBICACION GEOGRAFICA. Las características geográficas de la región son importantes debido a que de ellas dependen otras que deberán tomarse en cuenta cuando se proyecta la creación de un sistema regional de control de calidad del agua.

Entre las características geográficas importantes se encuentran: clima, régimen pluvial, hidrografía, orografía y dependientes de ellas, habría que señalar la densidad de población, tenencia de la tierra, carácter de los cultivos, usos de la tierra y del agua.

c) DIVISION POLITICA. Resulta evidente que un sistema regional puede abarcar diferentes jurisdicciones políticas tanto federales, como estatales y municipales, que necesariamente deberán de ser tomadas en consideración para solucionar los posibles conflictos, armonizando intereses.

d) COMUNICACIONES. La existencia de carreteras, ferrocarriles, correos, telégrafos, teléfonos, etc., facilitará la operación de un sistema regional de control.

e) FACTORES SOCIOECONOMICOS. Dentro de los factores socioeconómicos a considerar se pueden enumerar: número de habitantes; de establecimientos comerciales, industriales y de servicios; valor económico de la producción industrial, comercial y de servicios; régimen de tenencia de la tierra; usos del agua y la tierra; volúmenes de agua de abastecimiento y de aguas residuales.

f) NORMAS LEGALES. Es de suma importancia conocer la legislación vigente tanto a nivel federal, como estatal y municipal en relación con la contaminación del agua, pues tal conocimiento será útil para normar el camino a seguir, para satisfacer los requerimientos de tratamiento de las aguas residuales.

g) INTEGRACION ADMINISTRATIVA. Para la apropiada integración de un sistema regional se deben establecer las líneas de responsabilidad y autoridad de sus componentes, mediante la asignación de funciones y definición de puestos. Las variantes de operación serán previstas mediante el análisis de las condiciones imperantes.

El sistema pudiera estar, ya se ha dicho, dividido en subsistemas dependientes de un sistema central con autoridad para planear, construir, operar, mantener y administrar las obras de control necesarias en la región donde opera el sistema de control.

6.6. ANALISIS ECONOMICO.

Para llevar a cabo la creación de un sistema regional de control de

la calidad del agua es preciso efectuar un análisis económico para determinar los requerimientos del capital necesario, para la construcción de las obras del sistema, su operación y su mantenimiento.

El programa de inversiones debe incluir los tiempos en que éstas se realizarán, los requerimientos de liquidez y la optimización de los flujos de caja. Será necesario establecer las políticas de recuperación y distribución del capital.

Otro aspecto importante es la determinación de los parámetros financieros para el establecimiento de cuotas y tarifas para los usuarios y para la evaluación de los costos.

El objetivo del análisis económico es encontrar la organización más eficaz para el autofinanciamiento del sistema.

--- FINANCIAMIENTO En todo proyecto que se intente llevar a cabo existe un aspecto importante a considerar, éste es el financiamiento, fundamentalmente en lo que se refiere a la inversión inicial que es cuantiosa y por lo general, debe erogarse de una sola vez.

Para el financiamiento se tienen dos opciones básicas: Utilizar recursos propios o recurrir al uso de recursos ajenos. Es poco recomendable usar recursos propios, ya que la productividad de una unidad monetaria en las actividades propias de cada empresa, será siempre mayor que el interés que pudieran cobrar las instituciones de crédito. Así pues, es preferible acudir a las instituciones de crédito y seleccionar de entre ellas, la que ofrezca mayores ventajas en términos de intereses, tiempos de amortización y plazos de gracia.

--- AMORTIZACION DE LA INVERSION Una vez seleccionada la mejor alternativa de financiamiento, es necesario establecer metodologías para la obtención de ingresos que permitan amortizar la inversión y afrontar los gastos de operación, mantenimiento y administración.

En los sistemas de control de la calidad del agua, la fuente única de ingresos esta constituida por los pagos que los usuarios hagan por los servicios recibidos, de manera que será necesario fijar cuotas equitativas para ellos. Estas cuotas lo mas probable es que tengan que ser de tipo diferencial, en función del volumen y calidad de las aguas residuales que aporte cada usuario al sistema de tratamiento.

En la práctica el problema se divide en dos partes que son: determinación del monto de los pagos a la institución crediticia que proporcionó el financiamiento; y la determinación de tarifas y cuotas a pagar por los usuarios.

Por lo que respecta a la primera parte, se debe realizar la elección de la alternativa mas óptima en términos de interés y plazo de amortización, calculando el monto de los pagos para cubrir los

creditos.

En lo que se refiere a la segunda parte, se debe tomar en cuenta la amortización de la inversión y los costos de operación, mantenimiento y administración.

Para distribuir equitativamente las obligaciones anteriores, es necesario considerar los parámetros de calidad de las aguas residuales por tratar. Relacionando los parámetros de calidad con el volumen o cantidad de contaminante generado por cada usuario, se puede obtener el porcentaje de pago, correspondiente a los conceptos de construcción, operación y mantenimiento. Debido a que la administración beneficiará a todos por igual, los gastos administrativos se pueden repartir equitativamente entre los usuarios.

Los parámetros de calidad a que nos referimos en el párrafo anterior, son las características mas significativas que aparecen en las aguas residuales y que deben excluirse o regular su existencia de acuerdo a las normas vigentes. Es práctica común considerar a los siguientes parámetros:

V = Volúmen de agua residual aportada.

DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno.

SS = Sólidos Sedimentables.

GyA = Grasas y Aceites.

T A B L A IX

PRINCIPALES ZONAS PORTUARIAS Y TURISTICAS CON PROBLEMAS DE
CONTAMINACION DEL AGUA EN MEXICO

Acapulco, Gro.	Urbana; arrastre de sólidos por las aguas pluviales.
Coatzacoalcos, Ver.	Urbana; industria petroquímica; carga y descarga de: minerales, cereales, petróleo y sus derivados.
Ensenada, B. C. N.	Urbana; empacadoras de pescado y mariscos; carga y descarga de minerales, cemento y cereales.
Guaymas, Son.	Empacadoras de pescado y mariscos; carga y descarga de: cereales, petróleo y sus derivados; transportación marítima de pasajeros; calor de las termoeléctricas.
Manzanillo, Col.	Urbana; carga y descarga de: cereales, petróleo y sus derivados.
Mazatlán, Sin.	Urbana; carga y descarga de: cereales, minerales; transportación marítima de pasajeros; calor de las termoeléctricas.
Puerto Vallarta, Jal.	Urbana; transportación marítima de pasajeros.
Salina Cruz, Oax.	Urbana; carga y descarga de petróleo y sus derivados; flota pesquera.
Tampico, Tamps.	Urbana; carga y descarga de: cemento, cereales, minerales, petróleo y sus derivados; industria química.
Veracruz, Ver.	Urbana; carga y descarga de: cereales, minerales, petróleo y sus derivados.
Zihuatanejo, Gro.	Urbana.

CAPITULO VII

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS DEL CONTROL REGIONAL DEL AGUA.

7.1 ASPECTOS GENERALES.

El objetivo del control regional de la calidad del agua en su aspecto mas general, consiste en el manejo integral y racional de los recursos hidráulicos de una región, a fin de permitir sus usos en forma escalonada según las condiciones socioeconómicas de la región, y de acuerdo con la calidad requerida por tales usos.

Ahora bien, desde el punto de vista de la calidad del agua, puede decirse que ésta se ve alterada negativamente tanto por las condiciones naturales como preferentemente, por el propio uso que el ser humano hace de ella en sus múltiples actividades, y que en general la calidad de las diversas fuentes disponibles en la naturaleza se ve afectada principalmente por las aguas residuales que llegan a verterse en ellas, por lo que el enfoque de este trabajo en cuanto al control regional de la calidad del agua, se refiere principalmente al control del manejo y disposición de las aguas residuales.

Para asegurar que la calidad del agua en una región sea tal que pueda ser utilizada en todos los usos requeridos en esa región, es conveniente la creación de un organismo encargado del control de la calidad del agua, que preferentemente debiera ser dirigido por un técnico especializado en el manejo integral del agua, a fin de que no se pierda de vista el objetivo mencionado al principio y de cumplir efectivamente con las normas de la legislación vigente sobre la prevención y control de la contaminación.

Las funciones a desempeñar por un organismo de esta naturaleza estarían supeditadas al objetivo general citado y podrían ser agrupadas como sigue:

- Realizar estudios encaminados a conocer en forma general los diversos usos que del agua se hacen en la región.
- Realizar estudios específicos de fuentes de contaminación y de los efectos que producen en las aguas receptoras.
- Proponer sistemas generales para el aprovechamiento múltiple y racional del agua en la región.
- Proponer sistemas específicos mas adecuados desde el punto de vista técnico y económico para la recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales.
- Obtener el consenso de los usuarios y autoridades correspondientes, respecto a los sistemas propuestos para el manejo de las aguas residuales.

- Diseñar los sistemas aprobados con base en una amplia utilización de los recursos locales tanto humanos como materiales.
- Financiar u obtener financiamiento para la ejecución de las obras necesarias para recolectar, conducir, tratar y disponer las aguas residuales.
- Construir, operar y mantener las obras del sistema optimizando cada una de las actividades.
- Responsabilizarse ante las autoridades correspondientes del manejo y control de las aguas residuales de la región.

7.2. ORGANIZACION ADMINISTRATIVA.

Para la integración de un organismo regional encargado de la administración de un sistema de control de la calidad del agua, se deberá necesariamente tomar en consideración a las partes involucradas. El organismo podría estar encabezado por un Consejo de Administración constituido por representantes gubernamentales, de empresas privadas, así como de otros sectores cuyas actividades productivas se vean directamente afectadas por la calidad del agua en la región. En la Fig. No. 11 se propone un organigrama con las diferentes secciones que integrarían el organismo citado.

En nuestro País por razones políticas y administrativas, sería conveniente que el sistema de control abarcara territorio de un solo Estado y que el Consejo de Administración fuese presidido por el Gobernador de dicho Estado.

Las funciones del Consejo de Administración serían:

- Estudiar, aprobar y ordenar, la consecución de los financiamientos requeridos para la realización de los fines del organismo, según los estudios realizados al efecto.
- Estudiar y aprobar los presupuestos requeridos para la ejecución de los programas de trabajo.
- Estudiar y aprobar las tarifas y cuotas a aplicar a los usuarios por los servicios que les sean prestados por el sistema de control.
- Designar un Gerente General, responsable directo del funcionamiento ejecutivo del sistema de control.

Las funciones del Gerente General serían:

- Vigilar que el funcionamiento del organismo sea correcto en todas sus secciones.
- Representar al organismo ante autoridades y particulares.
- Autorizar con su firma los documentos relacionados con sus

funciones; comprobantes de pago de salarios, compras, servicios y en general, de todas las erogaciones conforme a los presupuestos respectivos.

- Estudiar y aprobar el ingreso de usuarios al sistema de control.

La Sección Administrativa sería responsable del manejo de la contabilidad, material y equipo.

La Sección Técnica se ocuparía de la realización de los estudios requeridos, así como del diseño, construcción, operación y mantenimiento de las obras de recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales.

7.3. TIPOS DE USUARIOS.

En el capítulo anterior se planteo que el nivel de calidad del agua que ha de mantenerse en los cuerpos receptores está en función de los usos a que el agua se destina, en consecuencia se habla de contaminación del agua cuando su calidad sufre un deterioro que reduce o imposibilita uno o varios de sus usos. Un concepto importante incluido en la legislación sobre contaminación, establece que la responsabilidad por la contaminación del agua recae sobre el que la genera. Con base en esto y en el hecho de que la contaminación es preferible controlarla en la fuente que la produce para los objetivos de un sistema de control de la calidad de las aguas residuales es conveniente tipificar a los usuarios del sistema, a efecto de establecer sus derechos y responsabilidades, tomando en cuenta que las medidas administrativas que se apliquen deben ser completamente equitativas.

Atendiendo al tipo de aguas residuales que producen, en forma general se puede clasificar a los usuarios como: domésticos, comerciales e industriales.

USUARIOS DOMESTICOS. Las aguas residuales generadas en usos puramente domésticos poseen características más o menos bien definidas, por lo que en general, no es necesario realizar muestreos para su caracterización, por consiguiente podrían ser descargadas al alcantarillado que recolectaría las aguas residuales y el organismo regional cobraría por los servicios del sistema de control, en base al volumen de agua consumida y/o por el número de habitantes o viviendas.

USUARIOS COMERCIALES. Las características de las aguas residuales generadas en los establecimientos comerciales y de servicios son variadas; las variaciones obedecen al tipo de actividades que en ellos se realizan según el giro a que se dedican, por lo que la asignación de cuotas por los servicios prestados a este tipo de usuarios, podría hacerse mediante la agrupación de giros por ejemplo, en escuelas, hoteles, hospitales, lavanderías, oficinas, talleres de servicio de lavado y engrasado de carros, etc.

Hecha la clasificación se procedería a determinar índices de calidad

y volumen de las aguas residuales para la aplicación de cuotas.

USUARIOS INDUSTRIALES. Las aguas residuales industriales tienen características en extremo variables, el tipo y cantidad de contaminantes depende básicamente de las materias primas, procesos, programa de producción y turnos de trabajo; en consecuencia se pueden encontrar diferencias de materiales y concentración en dos instantes considerados; por lo anterior, resulta conveniente y Justificado realizar muestreos sistemáticos para verificar la calidad del agua.

Por lo que se refiere a la fijación de cuotas, éstas deberían establecerse en base a dos factores principales: La calidad requerida en los cuerpos receptores y la calidad promedio real de las aguas residuales en la región.

Por otra parte, es conveniente que las cuotas tengan un carácter temporal, y que sean revisadas de acuerdo a los usos del agua de los cuerpos receptores, y a las características de calidad de las aguas residuales vertidas. También sería conveniente establecer incentivos adecuados, para que los usuarios estudien la forma de ir mejorando la calidad de las aguas que descargan.

7. 4. PARAMETROS DE COBRO.

En vista de que el tipo de obras para mejorar la calidad de las aguas residuales, así como su capacidad, dependen de sus características y del volumen que se descargue; en términos generales los parámetros de cobro que tendría que aplicar un organismo administrador de un sistema regional de control de la calidad del agua, por los servicios que proporcionaría a un usuario cualquiera, tendrían que estar basados, por un lado, en la calidad de aguas residuales que vertiera dicho usuario.

Por lo que respecta a los parámetros en sí, éstos podrían consistir en las características más usuales para representar la calidad del agua residual como son: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos (SS), grasas y aceites (GyA), y el contenido de alguna sustancia tóxica en cada caso particular.

En relación con el gasto, habría que determinar para cada caso particular tanto el hidrograma de la descarga para un periodo de tiempo prefijado (casi siempre 24 horas), como el gasto promedio de la descarga de aguas residuales, con el objeto, como se sabe, de estar en posibilidad de hacer el diseño de las obras del sistema, tanto del punto de vista hidráulico como de proceso.

Dada la estrecha relación entre los usos del agua y la generación de aguas residuales, se impone la necesidad de levantar un censo de descargas y efectuar su caracterización, debido a que la capacidad de las obras de tratamiento y por consiguiente sus costos, dependen del volumen de agua por tratar, de la variación del gasto descargado, del tipo y concentración de contaminantes, de la calidad requerida en el afluente, etc.

7.5. CUOTAS Y TARIFAS.

Con objeto de afrontar los gastos que originará la creación y operación de un sistema de control de la calidad del agua será necesario implantar un procedimiento de asignación de cuotas a sus usuarios.

Conviene diferenciar entre cuota y tarifa. El diccionario Larousse define a las dos palabras como sigue:

Cuota: (del latín *quotus*, cuanto) parte o cantidad fija o proporcionada.

Tarifa: Tabla o catálogo de precios, derechos o impuestos.

Para el caso de que se trata se puede entender como:

Cuota: El pago proporcional que corresponde hacer a un usuario, de acuerdo al uso que haga del sistema de control.

Tarifa: El costo por unidad de cobro es decir, por metro cúbico de agua tratada, kilogramo o tonelada de contaminante removido, etc.

Existen diferentes criterios para la asignación de cuotas a los usuarios de un sistema regional de control de la calidad del agua, de acuerdo a las características socioeconómicas de la región donde se localice el sistema.

a) CUOTA UNICA. Bajo este criterio cada usuario paga la misma cantidad por la utilización de las instalaciones del sistema. Esta modalidad es de gran aceptación donde no existe sino un tipo de usuarios, el doméstico. Cuando se incorporan otros tipos de usuarios es necesario cambiar a otro tipo de cuotas.

b) CARACTERISTICAS DE LA PROPIEDAD. Uno de los procedimientos más antiguos y usados se basa en el valor de la propiedad; la longitud de fachada también se ha usado para la asignación de cuotas. Los dos elementos se han aceptado sin muchas objeciones para cubrir los costos de las obras de alcantarillado que colectan las aguas residuales. Otra de las características empleadas es el área, a través de ella se mide indirectamente el uso que se hace de las obras existentes.

c) TIPO DE USUARIO. Para la aplicación de este criterio se hace una clasificación de usuarios considerando su actividad y de acuerdo a ella se fija la cuota por los servicios. La asignación se puede hacer en función del volumen y características de las aguas residuales.

Una desventaja notable de este criterio consiste en que al fijar una cuota no existe incentivo para mejorar la calidad de las aguas residuales; por otra parte, a medida que aumenta el detalle de la clasificación de usuarios, aumenta la complejidad del sistema.

d) USO DEL AGUA. Existe una relación muy estrecha entre el agua usada y el volumen de aguas residuales, principalmente en los usuarios domésticos y comerciales, esto es válido igualmente para industriales, aunque es posible encontrar una mayor separación en el comportamiento de las cantidades de agua usada y los volúmenes de desecho.

Una modalidad muy usada para fijar cuotas es la de emplear un porcentaje del volumen del agua facturada a cada usuario, pero tiene el defecto de no tomar en cuenta la calidad de las aguas residuales descargadas.

Su aplicación se hace preferentemente para cobrar los servicios de una red de alcantarillado en una población.

e) CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES. Para la asignación de cuotas con base en las características de las aguas residuales, se consideran tanto las características cuantitativas como las cualitativas.

A mayor volumen aportado, mayor cuota a cubrir; de la misma manera, si las características de los contaminantes y sus concentraciones hacen más nocivas las aguas residuales la cuota será mayor.

Por lo general se establecen límites que no deben ser sobrepasados, que principalmente se refieren al contenido de ciertos elementos contaminantes que pueden afectar en forma considerable y directa las obras del sistema.

METODOLOGIA DE ASIGNACION DE CUOTAS. Con el objeto de definir el monto de las cuotas que se cobrarán para la remoción de ciertas características de calidad de las aguas residuales (o sea de los parámetros de cobro antes citados), es necesario definir que parte del costo de cada una de las obras que integran el sistema de tratamiento, se le asignará a los parámetros de cobro que se estipulen para un sistema de control en particular.

O sea, que si en un sistema se define que los parámetros de cobro a los responsables de las descargas por el servicio que se les preste serán el volumen vertido, la DBO, S.S. y G y A entonces habrá que repartir el costo de cada una de las partes de la planta de tratamiento entre los parámetros mencionados, de acuerdo al servicio que dichas partes prestan para remover específicamente alguno de los parámetros enumerados.

Los pasos a seguir para la repartición de los costos de construcción, operación y mantenimiento de las unidades entre los distintos parámetros de cobro, en un sistema regional de control de la calidad de agua, se pueden enumerar como sigue:

a) Determinación de los costos de construcción de las obras del sistema.

b) Determinación de los costos de operación y mantenimiento del sistema.

c) Determinación del porcentaje que del monto total de construcción, operación y mantenimiento corresponde a cada obra del sistema.

d) Determinación de los porcentajes que de los costos totales de construcción, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, corresponden a cada una de las unidades que la integran.

e) Determinación de los porcentajes que del costo total de las obras del sistema se aplicarán a cada uno de los parámetros de cobro.

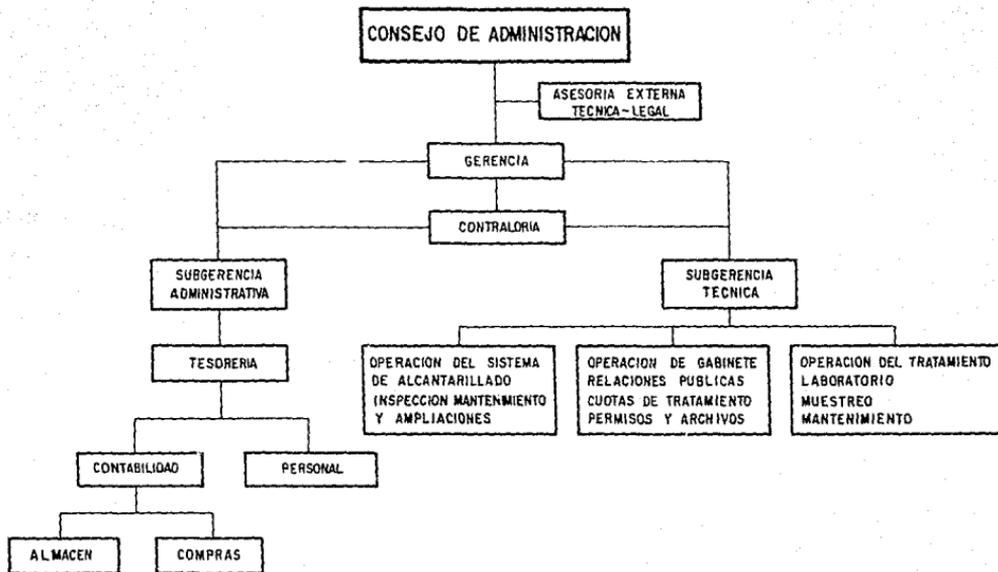


Fig. N°11.- Organigrama para un distrito de control de calidad del agua

C A P I T U L O VIII
ANALISIS DE UN CASO PRACTICO

8.1. GENERALIDADES

Se consideran tres Empresas en el Estado de Tlaxcala, cuya razón social y giro son los siguientes:

La Industria I (Laboratorio Farmaceutico)
La Industria II (Procesadora de Plásticos)
La Industria III (Procesadora de Papel)

Estas empresas aportan aguas residuales cuyos contaminantes están resumidos en los siguientes parámetros:

Unidad	Volúmen (m ³ /año)	D B O (Kg/año)	S S T (Kg/año)	G y A (Kg/año)
Empresa I	63.072	7.569	25.299	-----
Empresa II	47.304	9.461	11.828	3.784
Empresa III	31.536	14.191	14.191	-----
Totales	141.912	31.221	51.248	3.784

Las aguas residuales aportadas se conducirán a través de un colector al que los usuarios tienen obligación de conectarse para canalizarlos al sistema de tratamiento de aguas residuales proyectado.

Con base a los contaminantes aportados se proyectó para este sistema las siguientes unidades de tratamiento:

- a) Unidad de pretratamiento.
- b) Unidad de sedimentación primaria.
- c) Unidad de tratamiento de lodos.
- d) Planta de bombeo.
- e) Unidad de cloración.
- f) Equipo eléctrico.

8.2 METODOLOGIA DEL PRORRATEO.

a) El primer paso a seguir en el proceso de prorrateo consiste, en sumar todos los gastos que se hicieron para la construcción e implementación de cada unidad de tratamiento, considerando los gastos por planeación, dirección y supervisión, determinando el porcentaje de costo de cada unidad que representa respecto al costo

total de construcción del sistema.

b) Se calcularán los probables gastos de operación y mantenimiento de cada una de las unidades del sistema. La suma de los gastos parciales por unidad integrarán el costo total en operación y mantenimiento, y cada uno de ellos representará un porcentaje respecto al total de los mismos.

c) Distribuir los costos de construcción y operación y mantenimiento entre los parámetros o elementos nocivos que deben eliminarse o regularse en el agua residual.

d) Los gastos administrativos se distribuirán equitativamente entre los usuarios, ya que los beneficia a todos por igual.

8.3 DATOS DEL PROYECTO Y SOLUCION DEL PRORRATEO.

Para el proyecto se consideran los parámetros y unidades de tratamiento consignados anteriormente.

El proyecto consta de los siguientes gastos de inversión (en miles de pesos).

Inversión inicial	\$ 2'000,000.00
Gastos de operación y mantenimiento	400,000.00
Gastos de administración	100,000.00

La inversión inicial fija, considera el proyecto, obra civil, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, instalaciones de equipo, etc. y fueron obtenidos en forma de crédito por el Banco de Obras del Estado a un plazo de 10 años y con interés anual del 10% capitalizable cada 6 meses.

1.- Como primer paso debemos conocer la anualidad que se debe pagar al Banco y se obtendrá con la siguiente formula:

$$A = \frac{r \cdot p \left(1 + \frac{r}{m} \right)^{m \cdot n}}{\left(1 + \frac{r}{m} \right)^{m \cdot n} - 1}$$

Donde:

A = Anualidad (cantidad anual que debe pagarse)

r = Tasa de interés anual

p = Valor presente del capital

m = Periodos de capitalización dentro de cada año

n = Número de años durante los cuales se llevará a cabo la amortización de la deuda.

Sustituyendo valores obtenemos:

$$A = 321,612.00$$

2.- En el sistema de tratamiento referido, el costo total de construcción y los gastos de operación y mantenimiento se distribuyeron porcentualmente como se muestra en el cuadro No. (1).

3.- Distribuyamos los costos de construcción de cada una de las unidades entre los parámetros: Volúmen, DBO, SST y GyA como se muestra en el cuadro No. (2).

En el cuadro se observa que de la inversión que se hizo en Pretratamiento, el 90% le correspondió a Volúmen y el 10% a SST; a los parámetros DBO y GyA no les correspondió ningún porcentaje, porque con las instalaciones de esta unidad no se pueden eliminar del agua esos parámetros. De igual forma se razona con las demás unidades de tratamiento.

4.- Ahora, distribuyamos los costos de operación y mantenimiento de cada una de las unidades entre los parámetros: Volúmen, DBO, SST y GyA como se muestra en el cuadro No. (3).

5.- Con los datos obtenidos en los cuadros No. 2 y No. 3 multiplicamos los porcentajes de sus parámetros con los correspondientes a la unidad de que se trata del cuadro No. 1 y obtendremos los cuadros No. 4 y No. 5.

6.- Considerando la inversión para la construcción del sistema y los gastos de operación y mantenimiento y de acuerdo al cuadro No. 1 integramos el cuadro No. 6.

7.- Tomando los datos obtenidos en el cuadro No. 6 los costos monetarios por cada unidad de tratamiento se distribuyen entre los parámetros en los porcentajes que se establecieron en el cuadro No. 2 por construcción y No. 3 por operación y mantenimiento, y así obtendremos los cuadros No. 7 y No. 8.

8.- Ahora vamos a distribuir la inversión utilizada en cada una de las unidades de tratamiento entre cada uno de los parámetros y considerando los porcentajes del cuadro No. 2, obtenemos el cuadro No. 7. De igual forma, distribuyendo los gastos de operación y mantenimiento en los porcentajes obtenidos del cuadro No. 3, llegamos al cuadro No. 8.

Analizando los resultados obtenidos en los cuadros 7 y 8, podemos ver, que con respecto al cuadro 7 la inversión de construcción en la unidad de pretratamiento (ver cuadro No. 6) es de \$ 32,161 que representa el 10% de la anualidad a pagar por lo que repartiendo ésta anualidad entre los parámetros considerados, tenemos que a Volúmen le corresponde \$28,945 y a SST \$3,216 que representan el 90% y el 10% respectivamente de la anualidad de pretratamiento. De ésta forma se interpretan los resultados obtenidos en los cuadros

9.- Vamos a determinar el porcentaje que de la inversión total representan cada una de las inversiones en los parámetros y esto se logra, mediante una simple regla de tres. Así vemos que para la unidad de pretratamiento en lo que respecta a sus parámetros y en relación con la inversión de construcción, tenemos:

Para volúmen

321,612 (100%) ----- 32,161 (10%)

28,945 (90%) ----- X

Considerando solo los porcentajes (%), tenemos que

$$X = \frac{10 \times 90}{100} = 9\%$$

Para SST

321,612 (100%) ----- 32,161 (10%)

3,216 (10%) ----- X

$$X = \frac{10 \times 10}{100} = 1\%$$

Con este mismo razonamiento se sigue para las demás unidades tanto en lo que respecta a construcción como por operación y mantenimiento, llegando a los cuadros 9 y 10.

6.4 DETERMINACION DE TARIFAS

El cálculo de tarifas se obtendrá dividiendo las cantidades monetarias correspondientes a cada parámetro entre la cantidad de unidades específicas de cada uno de ellos (m³/año, Kg/año, etc.). De este modo se obtendrá una tarifa por unidad de parámetro (\$/m³, \$/Kg., etc.).

- Se toman ahora los costos monetarios totales por parámetros de los cuadros No. 9 y 10 se suman y se divide el resultado entre el total de unidades englobadas por cada parámetro (datos en generalidades) y se tendrá (en miles de pesos) lo siguiente:

Volúmen	=	230,114 + 202,000 ÷ 141,912	=	3.05 \$/m3
D B O	=	7,236 + 9,000 ÷ 31,221	=	0.52 \$/Kg
S S T	=	77,507 + 179,000 ÷ 51,246	=	5.00 \$/Kg
G y A	=	6,753 + 10,000 ÷ 3,784	=	4.42 \$/Kg

8.5 CALCULO DE CUOTAS

Este cálculo se realiza tomando en cuenta las tarifas y el número de unidades descargadas por cada empresa resultando lo siguiente: (cantidades en miles).

Empresa I

Volumen	-	63,072 x \$3.04	=	191,739.00
DBO	-	7,569 x \$0.52	=	3,935.00
SST	-	25,229 x \$5.00	=	126,145.00
GyA	-	- - - - -	-	- - - - -

Total (cuota anual) \$321,819.00

Empresa II

Volumen	-	47,304 x \$3.04	=	143,804.00
DBO	-	9,461 x \$0.52	=	4,920.00
SST	-	11,826 x \$5.00	=	59,130.00
GyA	-	3,784 x \$4.72	=	17,860.00

Total (cuota anual) 225,714.00

Empresa III

Volumen	-	31,536 x \$3.04	=	95,869.00
DBO	-	14,191 x \$0.52	=	7,379.00
SST	-	14,191 x \$5.00	=	70,955.00
GyA	-	- - - - -	-	- - - - -

Total (cuota anual) 174,203.00

A estos resultados les sumaremos los gastos por administración (cantidades en miles de pesos).

Empresa I	=	321,819 + 44,500	=	366,319
Empresa II	=	225,714 + 31,300	=	257,014
Empresa III	=	174,203 + 24,200	=	198,403

CUADRO No. 1

COSTOS RELATIVOS

UNIDADES REQUERIDOS EN LA PLANTA	CONSTRUCCION (EN PORCIENTO)	OPERACION Y MANTENIMIENTO (EN PORCIENTO)
Pretratamiento	10	15
Sedimentación primaria	24	5
Tratamiento de lodos	18	40
Bombeo	17	20
Cloración	15	15
Equipo eléctrico	16	5
T O T A L	100	100

CUADRO No. 2

CONSTRUCCION

COEFICIENTES DE PRORRATED EN % DE LA INVERSION POR UNIDAD					
U N I D A D	VOLUMEN	DBO	SST	GyA	TOTAL
Pretratamiento	90	-	10	-	100
Sedimentación primaria	90	-	5	5	100
Tratamiento de lodos	-	-	95	5	100
Bombeo	100	-	-	-	100
Cloración	85	15	-	-	100
Equipo eléctrico	70	-	30	-	100

CUADRO No. 3

OPERACION Y MANTENIMIENTO

COEFICIENTES DE PRORRATED EN % DE LA INVERSION POR UNIDAD					
U N I D A D	VOLUMEN	DBO	SST	GyA	TOTAL
Pretratamiento	85	-	15	-	100
Sedimentación primaria	30	-	60	10	100
Tratamiento de lodos	-	-	95	5	100
Bombeo	100	-	-	-	100
Cloración	85	15	-	-	100
Equipo eléctrico	70	-	30	-	100

C O N S T R U C C I O N

COSTOS RELATIVOS POR PARAMETROS EN RELACION CON LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO

UNIDAD	PORCENTAJE INVERTIDO EN LA UNIDAD DE LA INVERSION TOTAL.	PORCENTAJE DE PARTICIPACION DE CADA PARAMETRO			
		VOLUMEN	DBO	SST	GYA
Pretratamiento	10	9.0	-	1.0	-
Sedimentación primaria	24	21.6	-	1.2	1.2
Tratamiento de lodos	18	-	-	17.1	0.9
Boqueo	17	17.0	-	-	-
Cloración	15	12.8	2.2	-	-
Equipo eléctrico	16	11.2	-	4.8	-
TOTAL	100	71.6	2.2	24.1	2.1

OPERACION Y MANTENIMIENTO

COSTOS RELATIVOS POR PARAMETROS EN RELACION CON LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO.

UNIDAD	PORCENTAJE DE GASTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO QUE CORRESPONDEN A LA UNIDAD.	PORCENTAJE DE PARTICIPACION DE CADA PARAMETRO.			
		VOLUMEN	DBO	SST	GYA
Pretratamiento	15	12.8	-	2.2	-
Sedimentación primaria	5	1.5	-	3.0	0.5
Tratamiento de lodos	40	-	-	38.0	2.0
Boqueo	20	20.0	-	-	-
Cloración	15	12.8	2.2	-	-
Equipo eléctrico	5	3.5	-	1.5	-
TOTAL	100	50.6	2.2	44.7	2.5

CUADRO No. 6

DISTRIBUCION DE COSTOS EN TERMINOS PORCENTUALES Y MONETARIOS

UNIDAD	COSTOS RELATIVOS EN %		COSTOS MONETARIOS	
	CONSTRUCCION	OPERACION Y - MANTENIMIENTO	CONSTRUCCION	OPERACION Y - MANTENIMIENTO
Pretatamiento	10	15	32,161	60,000
Sedimentación primaria	24	5	77,187	20,000
Tratamiento de lodos	18	40	57,890	160,000
Bombeo	17	20	54,674	80,000
Cloración	15	15	48,242	60,000
Equipo eléctrico	16	5	51,458	20,000
TOTAL	100	100	321,612	400,000

CUADRO No. 7

DISTRIBUCION DE COSTOS DE CONSTRUCCION POR UNIDAD Y POR PARAMETRO EN TERMINOS PORCENTUALES Y MONETARIOS.

UNIDAD	VOLUMEN		D B O		S S T		G Y A	
	%	PESOS	%	PESOS	%	PESOS	%	PESOS
Pretratamiento	90	28,945	-	-	10	3,216	-	-
Sedimentación primaria	90	69,468	-	-	5	3,859	5	3,859
Tratamiento de lodos	-	-	-	-	95	54,995	5	2,894
Bombeo	100	54,674	-	-	-	-	-	-
Cloración	85	41,006	15	7,236	-	-	-	-
Equipo eléctrico	70	36,021	-	-	30	15,437	-	-

CUADRO No. 8

DISTRIBUCION DE GASTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO POR UNIDAD Y PARAMETRO EN TERMINOS PORCENTUALES Y MONETARIOS.

UNIDAD	VOLUMEN		D B O		S S T		G Y A	
	%	PESOS	%	PESOS	%	PESOS	%	PESOS
Pretratamiento	85	51,000	-	-	15	9,000	-	-
Sedimentación primaria	30	6,000	-	-	60	12,000	10	2,000
Tratamiento de lodos	-	-	-	-	95	152,000	5	8,000
Bombeo	100	80,000	-	-	-	-	-	-
Cloración	85	51,000	15	9,000	-	-	-	-
Equipo eléctrico	70	14,000	-	-	30	6,000	-	-

C O N S T R U C C I O N

CUADRO No. 9

INVERSIONES RELATIVAS EN TERMINOS PORCENTUALES Y MONETARIOS POR UNIDAD Y PARAMETRO.

UNIDAD	UNIDAD		VOLUMEN		D B D		S S T		G Y A	
	%	PESOS	%	PESOS	%	PESOS	%	PESOS	%	PESOS
Pretratamiento	10	32,161	9.0	28,945	-	-	1.01	3,216	-	-
Sedimentación primaria	24	77,187	21.6	69,468	-	-	1.21	3,859	1.2	3,859
Tratamiento de lodos	18	57,890	-	-	-	-	17.11	54,995	0.9	2,894
Bombeo	17	54,674	17.0	54,674	-	-	-	-	-	-
Cloración	15	48,242	12.8	41,006	2.2	7,236	-	-	-	-
Equipo eléctrico	16	51,458	11.2	36,021	-	-	4.81	15,437	-	-
T O T A L	100	321,612	71.6	230,114	2.2	7,236	24.11	77,507	2.1	6,753

CUADRO No.10

O P E R A C I O N Y M A N T E N I M I E N T O

INVERSIONES RELATIVAS EN TERMINOS PORCENTUALES Y MONETARIOS POR UNIDAD Y PARAMETRO.

UNIDAD	UNIDAD		VOLUMEN		D B D		S S T		G Y A	
	%	PESOS	%	PESOS	%	PESOS	%	PESOS	%	PESOS
Pretratamiento	15	60,000	12.8	51,000	-	-	2.21	9,000	-	-
Sedimentación primaria	5	20,000	1.5	6,000	-	-	3.01	12,000	0.51	2,000
Tratamiento de lodos	40	160,000	-	-	-	-	38.01	152,000	2.01	8,000
Bombeo	20	80,000	20.0	80,000	-	-	-	-	-	-
Cloración	15	60,000	12.8	51,000	2.2	9,000	-	-	-	-
Equipo eléctrico	5	20,000	3.51	14,000	-	-	1.51	6,000	-	-
T O T A L	100	400,000	50.6	202,000	2.2	9,000	44.71	179,000	2.51	10,000

C A P I T U L O IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

1.- El agua es un elemento de vital importancia en las actividades de toda índole, realizadas en el seno de las comunidades humanas. No obstante su importancia, el agua es uno de los recursos más descuidados debido a su aparente abundancia.

2.- En las últimas décadas, el crecimiento demográfico y el desarrollo económico de la República Mexicana han suscitado un aumento sustancial en la demanda de agua para todos los usos.

3.- El aumento en la demanda de agua a la vez, ha suscitado un incremento en el volumen de aguas residuales que, al ser vertidas sin tratamiento alguno a los cuerpos receptores, ocasiona problemas en la ecología acuática debido a la contaminación que generan en dichos cuerpos.

4.- Para evitar la contaminación de los cuerpos receptores de descargas de aguas residuales es necesario, que sean tratadas de tal manera que los contaminantes contenidos en ellas sean eliminados.

5.- El control de la calidad del agua requiere de planes y programas tanto a nivel local, como nacional.

6.- Los responsables de la contaminación de las aguas están obligados a regenerar los cuerpos contaminados de tal modo, que otros usuarios puedan hacer uso de agua de la misma calidad como mínimo en otros sitios sobre dichos cuerpos.

7.- Una forma adecuada para el control de la calidad del agua, la constituye la implantación de Sistemas Regionales.

8.- La formalidad de un sistema regional de control está constituida por un sistema que controle la calidad del agua en toda la cuenca de un río.

9.- El principal obstáculo o dificultad que se presenta al sistema regional, es de carácter político.

10.- No existe un criterio de aplicación universal para la asignación de costos en un sistema regional de control. Cada País y en particular cada región, aplica los criterios que mejor se adaptan a su estructura socioeconómica.

11.- En un sistema regional de control existen tres tipos principales de usuarios: domésticos, comerciales e industriales. Para la asignación de cuotas a los usuarios domésticos se les trata casi siempre de la misma manera; a los usuarios comerciales se les aplican diversos criterios y a los usuarios industriales, el procedimiento más empleado es el de cobrarles de acuerdo a las

características de las aguas residuales.

12.- Los beneficios del tratamiento de las aguas residuales recaen tanto sobre los usuarios de un sistema regional de control, como sobre quienes no lo usan.

13.- Económicamente la implantación de un sistema regional de control es ventajosa, porque es menor el costo del tratamiento de las aguas residuales cuanto mayor sea el volumen por tratar.

14.- La Ley Federal de Aguas reglamenta los aspectos sociales y económicos de los usos del agua.

15.- Un sistema regional de control esta integrado por los usuarios, el sistema de recolección y conducción de las aguas residuales, la planta de tratamiento común, el organismo administrador encargado de planear, construir y operar en forma autosuficiente el sistema.

16.- Un sistema regional de control de la calidad del agua presenta múltiples ventajas entre las que se pueden citar:

a) Facilita al usuario el cumplimiento de la legislación sobre contaminación del agua, relevándolo de la vigilancia de la calidad del efluente y de su tratamiento.

b) Reducción del número de plantas de tratamiento y del personal que las opera.

c) Se obtiene un ahorro en los costos de capital y de operación pues a mayores volúmenes tratados, menores costos unitarios resultantes.

d) Al tratar volúmenes mayores se reduce la frecuencia y la magnitud de los caudales máximos, en relación con el caudal medio a tratar.

e) Además de mayor seguridad y flexibilidad en el tratamiento, se obtiene una mejor operación, ya que las plantas grandes son potencialmente mejor operadas que las pequeñas.

f) Al ser comunales, propician el acercamiento y la comunicación entre los habitantes de una región.

g) La construcción, operación y mantenimiento es autofinanciable.

9.2 RECOMENDACIONES

1.- Es conveniente formar conciencia, sobre la importancia de preservar la calidad del agua como patrimonio de las generaciones presentes y futuras.

2.- Formular planes para la máxima conservación del recurso Agua, procurando destinarla cada vez en mayor medida a usos con el más alto valor social y económico.

3.- Incrementar la investigación sobre los efectos que los

aprovechamientos hidráulicos causan sobre los sistemas ecológicos.

4.- Vigilar la calidad del agua de los diversos cuerpos acuíferos del País.

5.- Adoptar las medidas e instalaciones necesarias para evitar la contaminación del agua, sin frenar el desarrollo del País.

6.- Establecer sistemas regionales de control de la calidad del agua, debido a que como consecuencia de la legislación se presentan las siguientes situaciones: Construir un gran número de plantas de tratamiento de aguas residuales; erogación considerable en dinero tanto del sector público como privado para la construcción de dichas plantas.

7.- Identificar las áreas donde se considere posible y necesario la implantación de un sistema regional de control, mediante las siguientes acciones:

- a) Delimitación geográfica.
- b) Localización de usuarios potenciales.
- c) Identificación del impacto ambiental.
- d) Establecimiento de alternativas de integración.
- e) Selección de la alternativa mas conveniente y factible.

8.- Establecer una efectiva coordinación entre las dependencias oficiales que tienen a su cargo algún aspecto relativo a la calidad del agua, a fin de obtener mejores resultados en el manejo de tanpreciado recurso.

9.- Realizar una clasificación de los cuerpos receptores (ríos, lagos, lagunas, estuarios, etc.) de acuerdo a los usos a que se destinen sus aguas, para normar criterios a la hora de la disposición de aguas residuales en su seno.

10.- Aprovechar la experiencia de otros países en la implantación y manejo de sistemas regionales de control.

11.- Finalmente, es oportuno hacer notar que las actividades de prevención y control de la contaminación ambiental son recientes en México, por lo que se hace necesario un programa masivo de orientación y sensibilización que toque a todos los mexicanos, para lograr un desarrollo armónico que no frene el desarrollo de la Nación, ya que los problemas que acarrea la contaminación del agua no solamente son técnicos, sino también socioeconómicos.

